

**République du Rwanda**  
**Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales**

**RAPPORT D'ETUDE**  
**SUR**  
**L'ETUDE PREPARATOIRE POUR**  
**LA FORMULATION DU PROGRAMME**  
**POUR**  
**LE DEVELOPPEMENT RURAL DE**  
**LA PROVINCE EST DU RWANDA**  
**(AGRICULTURE IRRIGUEE)**

**JUILLET 2009**

**AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE**

---

**SANYU CONAULTANTS INC.**

R D

J R

09 - 61

## **PREFACE**

En réponse à la requête du Gouvernement de la République du Rwanda, le Gouvernement du Japon a décidé de mener une étude préparatoire sur le Projet pour la Formulation du Programme de Développement Rural dans la Province de l'Est et a confié l'étude à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA).

La JICA a envoyé une équipe d'étude au Rwanda du 27 février au 6 mai 2009.

L'équipe s'est entretenue avec les officiels concernés du Gouvernement du Rwanda, et a mené une étude de terrain sur la zone de l'étude. Après le retour au Japon, d'autres études approfondies ont été effectuées. Le présent rapport a alors été finalisé.

J'espère que ce rapport contribuera à la promotion du projet et à l'accroissement de relations amicales entre nos deux pays.

Je souhaite exprimer mes plus sincères remerciements aux officiels concernés du Gouvernement de la République du Rwanda pour leur étroite coopération étendue aux équipes.

Juillet 2009

Yoshihisa Ueda  
Vice-président,

Agence Japonaise de Coopération Internationale

## LETTRE DE PRESENTATION

Nous sommes heureux de vous présenter le rapport d'étude sur l'Etude Préparatoire pour la Formulation du Programme de Développement Rural dans la Province de l'Est du Rwanda (Agriculture irriguée).

Cette étude a été menée par Sanyu Consultants Inc., sous contrat avec la JICA, pendant la période allant de février à juin 2009. Au cours de cette étude, nous avons examiné la faisabilité et la pertinence du projet en tenant compte de la situation actuelle au Rwanda et formulé le concept de base le plus approprié au projet dans le cadre du système d'aide financière non remboursable du Japon.

Enfin, nous souhaitons que ce rapport contribue à une plus grande promotion du projet.

Très sincèrement,

Nobuaki Chiba

Directeur du projet

Equipe d'étude préparatoire sur l'Etude  
Préparatoire du Programme de  
Développement Rural dans la Province  
de l'Est du Rwanda (Agriculture  
irriguée)

Sanyu Consultants Inc.

## RESUME

### 1 Objectifs de l'Etude

Le Ministère de l'Agriculture (MINAGRI) du Gouvernement du Rwanda a promu le Projet d'élevage, la culture pluviale et d'irrigation en montagne (LWH), dans lequel ont été établis 101 sites de culture commerciale par amélioration des sols, assurance de terres agricoles et irrigation montagnarde afin de contribuer efficacement au Plan stratégie de transformation agricole (SPAT). Puis, le MINAGRI a demandé au Gouvernement du Japon de l'aider pour l'exécution du Projet sur quatre (4) de ces 101 sites. Cette étude est préparatoire à l'exécution du Projet sur la base de la requête précitée et ses objectifs sont les suivants:

- ① Etudier la pertinence et la faisabilité pour les quatre (4) sites de LWH requis au Gouvernement du Japon du point de vue technique, économique, naturel et des conditions socio-économiques, telles que aspects sociaux, économiques, culturels, institutionnels, financiers, techniques, agronomiques, O&M, etc. et considérations environnementales.
- ② Assister la JICA pour préparer les Termes de référence de l'étude subséquente (niveau du concept de base), qui inclut l'étendue de l'étude, son contenu, les experts requis, etc. s'il est décidé qu'une telle étude sera menée (confirmation de la priorité des ouvrages et équipements, collecte de données de base pour la conception des ouvrages, et recommandations pour la conduite de l'étude de conception)
- ③ Etudier le programme de coopération de la JICA (cette Etude est une partie de l'étude préparatoire du programme de coopération de la JICA), et donc, la relation entre cette Etude et l'étude préparatoire du programme de coopération doit être prise en considération. L'Etude doit clarifier donc la position du Projet LWH dans le cadre/stratégie du programme de coopération.
- ④ Collecter des informations pour examiner la pertinence et la nécessité de l'exécution du Projet de Coopération technique dans la Province Est ("Développement de l'agriculture dans la partie Sud de la Province Est") (titre provisoire))
- ⑤ Etudier la possibilité de coopération et le contenu de la coopération en vue d'assurer la synergie avec le Projet LWH et le Projet de coopération technique.

### 2 Zone de l'Etude

La zone de l'étude comprend les quatre (4) sites, qui sont situés dans les districts de Bugesera, Ngoma et Gatsibo. Les quatre (4) sites sont Bugesera 2 Gashora, Ngoma 21 Remera, Ngoma 22 Rurenge et Gatsibo 31 Rugarama. Après la fin de la reconnaissance sur le terrain par l'équipe de l'étude, le MINAGRI a demandé à la JICA d'étudier deux (2) sites additionnels appelés Bugesera 2 Ririma et Bugesera 3 Museni. Ces deux (2) sites ont été étudiés sur la base des données et documents existants, et une brève reconnaissance sur le terrain a été faite par l'équipe de l'étude pendant la reconnaissance sur le terrain.

Le site de Bugesera 2 Gashora est situé dans la partie sud de la Province Est, à 33 km au sud-sud-ouest de Kigali. Le site d'axe du barrage prévu se trouve à environ 500 m de la route principale. Un lac appelé Rumira se trouve à environ 3 km en aval de l'axe du barrage et les précipitations aux captages s'écoulent dans ce lac. Le site de Bugesera 3 est prévu adjacent à la vallée du site de Bugesera 2 et les cours d'eau au fond de la vallée des deux sites se rejoignent en allant vers le lac. Les sites de Ngoma 21 Remera et Ngoma 22 Rurenge sont situés à 57 km à l'est-sud-est de Kigali et adjacents l'un à l'autre. Les cours d'eau des deux sites s'écoulent dans le lac Mugesera situé à 10 km en aval du site de l'axe du barrage prévu. Gatsibo 31 Rugarama est situé à 45 km à l'est-nord-est de Kigali, au pied d'un mont d'environ 1668 m. Les précipitations des captages s'écoulent dans la rivière Rwagitima, un affluent de la rivière Acagera. Le site de Bugesera 4 est situé à 23 km au sud de Kigali et les précipitations des captages vont dans la rivière Akanyaru via les marais.

Les tableaux suivants indiquent les juridictions administratives des sites du Projet, la population des Imidugudu bénéficiaires potentiels, les modèles de culture actuels sur la base de l'étude socioéconomique. Comme le fond de la vallée du site Ngoma 22 Rurenge est une limite des secteurs de Rurenge et de Remera, une cellule de chaque est incluse dans la zone bénéficiaire. Bugesera 3 est aussi dans la même situation avec Ngoma 22 Rurenge. Les données de Bugesera 2 Ririma et Bugesera 4 sont rapportées des rapports de conception détaillée de LWH.

Les Imidugudu bénéficiaires potentiels vont de deux (2) à six (6) par site. Le nombre de foyers d'un Imidugudu varie de 280 à 1.090. Le pourcentage de femmes chefs de famille est d'environ 20% à 30%. Les principales cultures sont actuellement des cultures résistantes, comme le sorgho, le manioc, la patate douce et les haricots. Certains agriculteurs cultivent des légumes quelque part dans leurs champs. Le maïs et la banane sont aussi cultivés comme aliments de base. Il y a des rizières sur le site de Ngoma 22 Rurenge, mais de petite taille.

**Tableau 1 Administrations sur les sites du Projet**

Site	District	Secteur	Cellule	Imidugudu
Bugesera 2 Gashora	Bugesera	Gashora	Kagomashi	(3) Akagako, Kuwuruganda, Kagomashi
Ngoma 21 Remera	Ngoma	Remera	Bugera	(4) Rweso, Gisumuzu, Mumini I, Mumini II
Ngoma 22 Rurenge	Ngoma	Rurenge	Rujambara	(4) Nyabaganza, Gitobe, Mbonwa, Masyoza
		Remera	Ndekwe	(2) Gikomero, Rugando
Gatsibo 31 Rugarama	Gatsibo	Rugarama	Gihuta	(2) Gashenvi I, Agatare
Bugesera 3 Ririma	Bugesera	Ririma Gashora		(2) Gasarwe, Nyabagendwa
Bugesera 4 Museni	Bugesera	Museni		(3) Bishinge, Gakurazo, Kijuli

**Tableau 2 Population sur les sites du Projet**

Site	Nbre de foyers	Hommes	Femmes	Total	Taille moy. de famille	Femmes chefs de famille (%)	
Bugesera 2	279	483	654	1,137	4,1	91 (33%)	
Ngoma 21	409	710	944	1,654	4,0	106 (26%)	
Ngoma 22	Rurenge	684	978	1.379	2.357	3,4	150 (22%)
	Remera	405					
	Total	1.089					
Gatsibo 31	301	912	1.399	2.311	7,7	66 (22%)	

**Tableau 3 Cultures actuelles (de l'étude socioéconomique)**

Bugesera 2	Pourcentage des agriculteurs (%)										
	Haricots	Manioc	Sorgho	Maïs	Patate douce	Banane					
Foyers étudié	40	93%	83%	80%	80%	50%	35%				
Ngoma 21	Pourcentage des agriculteurs (%)										
	Manioc	Sorgho	Patate douce	Haricots	Tomate	Maïs	Chou	Carotte	Oignon	Banane	
Foyers étudié	39	62%	56%	51%	41%	23%	15%	15%	13%	8%	3%
Ngoma 22	Pourcentage des agriculteurs (%)										
	Sorgho	Haricots	Maïs	Riz	Manioc	Patate douce	Banane	Chou			
Foyers étudié	37	68%	46%	32%	19%	19%	11%	8%	3%		
Gatsibo 31	Pourcentage des agriculteurs (%)										
	Maïs	Sorgho	Haricots	Banane	Riz	Manioc	Patate douce	Chou			
Foyers étudié	38	63%	42%	37%	16%	11%	5%	5%	5%		
Bugesera 3	Pourcentage des agriculteurs (%)										
	Haricots	Manioc	Sorgho	Maïs	Patate douce	Soja	Arachide	Banane			
Foyers étudié	33	100%	94%	91%	85%	82%	39%	18%	9%		
Bugesera 4	Pourcentage des agriculteurs (%)										
	Haricots	Manioc	Arachide	Sorgho	Culture commerciale	Maïs	Patate douce	Pomme de terre			
Foyers étudié	33	97%	97%	73%	67%	58%	48%	45%	27%		

### 3 Plan de construction du barrage

Pour la planification de la construction du barrage, l'Equipe a effectué une série d'études de conditions naturelles, principalement en amont des points d'axe de barrage prévus. Les études ont compris une étude météorologique et hydrologique, de l'état des rivières et captages, une étude pour la sélection de l'axe du barrage, une étude par forage à l'axe du barrage, une étude pour les matériaux du corps du barrage, une étude générale sur les failles, une étude sur les séismes et une étude de localisation. Le tableau suivant en résume les résultats:

**Tableau 4. Analyse de la situation aux barrages prévus**

Article	Bugesera 2 Gashora
Site	Les captages sont distribués de l'autre côté de la route principale au centre. Comme la partie supérieure de la route principale est une forêt militaire, l'axe du barrage devra être prévu en évitant les terrains militaires et aussi de sorte que le niveau d'eau plein du réservoir du barrage n'atteigne pas les terrains militaires.
Axe du barrage	L'emplacement à environ 400 m en aval de la route est jugé adapté pour l'axe du barrage parce qu'il permettra un corps de levée de barrage moins important, à en juger par les conditions topographiques des deux rives qui sont rétrécies. L'amont peut résulter en poche de stockage moins profonde de ce fait. En aval à 400 m de ce point, la rive droite est largement ouverte, provoquant un corps de levée beaucoup plus important. Une alternative pour couvrir la vallée voisine du côté est a été envisagée, mais comme la zone irrigable est réduite, son efficacité a été jugée faible.
Conditions géologiques	Comme confirmé lors de la reconnaissance sur le terrain, la couche superficielle des deux rives est couverte de sols dérivés de compositions de granite altéré. Cela peut être utilisé comme matériau étanche pour la levée de barrage. Au centre de la vallée, il y a des terres

	<p>basses, mais aucune rivière n'a été observée. La surface du sol est couverte de dépôts d'alluvions sablonneux. Pendant les inondations importantes, il peut y avoir un écoulement de surface, et du limon et de l'argile peuvent s'écouler plus en aval. Au point de jonction avec la vallée de la rive droite ouest en aval, aucun écoulement de surface n'a été observé. La zone est couverte de sable et des ballastières de sable sont visibles avec des épaisseurs de couche de sable d'environ 3 m. La couche de sable est considérablement dure et sa perméabilité semble basse. Des graviers se trouvent en aval des terres en pente. Ces graviers sont riches en quartz dérivé du granite altéré, mais leur quantité est limitée. De tels limon et sable altérés originaires principalement du granite seront utilisés comme matériaux de levée de barrage.</p> <p>Les résultats des études par forage ont montré que les deux rives avaient des fondations solides à une profondeur de 4 m ou plus, et que le lit de la rivière était solide à une profondeur de 6 m ou plus. La fondation est jugée imperméable à environ 3 Lugeons.</p>
Autres	<p>L'eau d'inondation de Bugesera 2 Gashora et les captages à proximité doivent passer dans la zone bénéficiaire de Bugesera 3 et canalisations secondaires comme les ouvrages d'irrigation doivent être installés sur le lit de la rivière. Dans ce cas, ladite eau d'inondation et les canalisations enterrées sous le lit de la rivière se croisent. Même si Bugesera 2 Gashora n'est pas construit, le même croisement est possible, et peut causer des problèmes de fonctionnement et de maintenance dans l'avenir. Un responsable MINAGRI a confirmé qu'il serait possible de modifier le plan de Bugesera 3 en transférant la zone bénéficiaire concernée.</p>

**Tableau 5 Analyse de la situation aux barrages prévus**

Article	Ngoma 21 Remera
Site	<p>Le site indiqué dans le rapport du Projet LWH est différent du site réel. L'équipe d'étude a confirmé l'emplacement par GPS et due confirmation auprès du responsable en charge du site. Sur la rive droite, le relief est plutôt raide avec des arbustes naturels, alors que la rive gauche est en pente douce et sert de champs en montagne.</p>
Axe du barrage	<p>Il y a des sources sur le lit de la rivière, rive droite, immédiatement en aval de l'axe du barrage comme requis, qui servent de source d'eau aux habitants et des structures en béton avec tuyaux sont installés. Il y a un faible écoulement de surface dans la rivière, qui n'est pas à sec même pendant la saison sèche, selon les informations sur le site. Selon les habitants, il y a eu des sources environ 100 m en amont dans le passé, bien qu'actuellement ces champs soient abandonnés. A l'emplacement de la source en amont, il n'y a pas d'ouvrage de captage d'eau et plus en amont, le relief est plus raide sans écoulement de surface ou cours d'eau. A 180 m de l'axe de barrage demandé, l'élévation du sol augmente de 10 m, ce qui implique que la profondeur de stockage est réduite de 10 m, c'est pourquoi ce site n'est pas jugé adapté pour la construction d'un barrage. Il est aussi considéré qu'en cas d'inclusion du site de source dans la zone du réservoir, un flux inverse peut se produire ou l'eau stockée peut fuir via la source à cause de la haute pression de l'eau stockée. Par conséquent, il est nécessaire de situer l'axe du barrage plus en amont du site de source en amont.</p> <p>Le profil longitudinal de la vallée est plutôt raide à 1/20, et un axe du barrage avec une poche réservoir relativement bonne se trouve à environ 580 m en amont de l'emplacement d'axe de barrage demandé. A ce site, un stockage de 442.000 m<sup>3</sup> peut être espéré avec une hauteur de barrage de 16,6 m et une longueur de crête de 400 m (si les matériaux de levée du barrage sont situés à l'intérieur de la zone du réservoir.) Dans le cas de l'axe de barrage demandé, la longueur de crête pourra être plus courte. 370 m, mais la capacité de stockage sera plus faible que sur le nouveau site à cause du relief.</p>
Conditions géologiques	<p>La surface du sol est couverte de sols dérivés de granite et de roches sédimentaires sablonneuses/boueuses altérés; il est considéré adapté dans ce cas d'utiliser des matériaux imperméables pris dans les sols de granite altérés sur le contrefort de la rive gauche. Il y a beaucoup de sable dans le lit de la rivière, et l'on peut penser que les dépôts du lit de la rivière sont retenus à cause d'une surface piézométrique plus haute sur le site du puits de recherche de</p>

	<p>la rive droite. Des matériaux de levée imperméable d'une zone fortement altérée sont utilisables. Bien que cela ne puisse pas être clarifié en cas de sol sablonneux, de petits graviers peuvent être trouvés à des emplacements plus élevés, c'est pourquoi les matériaux de sol altéré peuvent être considérés originaires d'un conglomérat.</p> <p>Pour les matériaux rocheux, le conglomérat et le granite peuvent être considérés disponibles.</p> <p>Sur les bords de deux rives, des affleurements et matériaux rocheux sont disponibles pour la construction du barrage, bien qu'une certaine distance de transport puisse être nécessaire.</p>
--	--

**Tableau 6 Analyse de la situation aux barrages prévus**

Article	Ngoma 22 Rurenge
Site	<p>Le site indiqué dans le rapport LWH est en fait un site différent. L'équipe d'étude a donc fixé l'emplacement correct en confirmant le site avec le responsable en charge sur le site et en le fixant par GPS. Les deux rives sont des champs de montagne en pente relativement douce. Sur la rivière proche de l'axe de barrage demandé, il y a un aqueduc en caisson. Il y a quelques années, il y a eu un plan de traversée entre les deux rives à cet emplacement, mais il n'a pas progressé. La rivière est large de seulement 1 m, et a un écoulement de surface, même en saison sèche, selon les habitants. Dans la zone, jusqu'à 1.140 m en aval de l'axe de barrage requis, il y a des sources équipées d'ouvrages de prise d'eau avec tuyaux pour les habitants.</p>
Axe du barrage	<p>L'axe de barrage requis est un site où topographiquement, les deux rives sont resserré, et il semble possible de sélectionner un axe de barrage pour provoquer un corps de levée de barrage minimum. Les structures d'aqueduc existantes dans la zone de l'axe du barrage seront éliminées et la crête du barrage sera utilisée comme ouvrage de substitution pour connecter les deux rives. Pour maintenir le plein emploi des ouvrages de prise d'eau par les habitants, le niveau total du réservoir sera fixé plus bas que la prise d'eau. Dans ce cas, il est recommandé de fixer le niveau d'eau total 1 m plus bas que la crête de l'ouvrage de prise d'eau de manière à éviter tout effet négatif.</p>
Conditions géologiques	<p>La surface du sol sur le site est considérée dérivée de granites et/ou de roches sédimentaires sablonneuses/boueuses altérés; il est assumé possible d'utiliser des matériaux de la zone de granite altéré du contrefort gauche sont jugés utilisables comme matériaux imperméables. Il n'y a pas beaucoup de sable dans le lit de la rivière et les observations des puits de recherche ont montré l'existence de dépôts argileux retenus dans le lit. Sur le contrefort de la rive droite, une couche de micaschistes sablonneuse/boueuse peu profonde a été trouvée dans le lit. Des matériaux rocheux sont trouvables dans la zone en pente raide à proximité. Sur les crêtes des deux rives, des roches affleurent ici et là.</p>

**Tableau 7 Analyse de la situation aux barrages prévus**

Article	Gatsibo 31 Rugarama
Site	<p>Trois torrents avec en arrière-plan des montagnes en pente raide, se rejoignent aux environs du site requis, et se rejoignent plus bas en un seul torrent. Vu ces torrents, les deux rives sont escarpées, et la section est inadaptée à la construction d'un barrage. La différence d'élévation entre la rive plate et la surface du lit de la rivière est d'environ 15 m, et si le terrain plat des deux rives doit être utilisé comme zone réservoir, la hauteur du barrage devra dépasser 15 m au minimum. Des crêtes basses ont été trouvées sur les deux rives, et si l'axe du barrage est établi pour mettre ces crêtes en contact, la construction du barrage peut être possible, mais une certaine attention devra être donnée à la différence d'affaissement possible entre la partie du corps du barrage dans le torrent et la partie transition reliant le corps du barrage au sol plat sur la rive.</p> <p>Le torrent avance graduellement en réduisant sa section et change de direction avant la traversée de la route puis descend vers le nord le long de la route. Après une descente de 700 m, il passe sous la route par caissons. Après le croisement, il n'y a pas d'eau aux environs.</p>

	Pendant l'inondation, l'eau drainée incluant du limon et du sable s'introduit dans les rizières, provoquant la fixation des plants de riz et des dépôts de terre et sable considérables sur les rizières.
Axe du barrage	Le gradient longitudinal de la rivière de type torrent est comparativement raide et le stockage dans la section du torrent est relativement limité. L'axe de barrage requis est situé immédiatement en aval du point de jonction des trois torrents, et l'axe du barrage est aligné de la colline avec roches affleurantes de la rive gauche jusqu'au bord régulièrement étendu de la rive droite. Dans ce cas, l'élévation de la rive droite est suffisante et le corps du barrage peut être relié au terrain plat en aval. Si l'axe du barrage est situé en aval du point de jonction, la capacité de stockage du réservoir sera augmentée, mais la différence d'élévation du sol des deux rives du lit du torrent étant d'environ 15 m seulement et le stockage sera totalement insuffisant à cause du stockage d'eau seulement dans la section du torrent.
Conditions géologiques	Il est supposé que le flux rapide a pénétré dans le pied de la montagne, où les roches sédimentaires sablonneuses/boueuses et granites ont été considérablement transformées, et le sol érodé pour créer une rivière en forme de torrent. Les deux rives du torrent maintiennent un escarpement vertical de 15 m de haut. L'escarpement a une certaine force, mais est soumis à l'érosion par le flux rapide. Bien qu'en roches métamorphiques complexes, la structure géologique n'est pas imperméable, et la formation d'un réservoir est possible. Dans la couche un peu plus haut que le lit de la rivière, des graviers sont exposés et des cavités peuvent être observées dans la couche de gravier plus bas. De tels matériaux de filtration graviers ou sables sont disponibles parce qu'ils sont visibles dans le lit du torrent ou les drains. Des puits de recherche ont été exécutés en amont de l'axe du barrage pour juger de la disponibilité de matériaux de levée, et il s'est avéré que des matériaux imperméables étaient disponibles seulement jusqu'à 4 m de profondeur.
Autres	D'après le rapport de commencement établi pour la conception détaillée dans huit (8) des sites du projet LWP antérieur, le site Gatsibo 32 est conçu pour couvrir la zone bénéficiaire de Gatsibo 31. Les rizières en aval du site de l'autre côté de la route principale doivent être couvertes par le projet RSSP, qui a commencé en avril 2009 pour construire un barrage pour irriguer les rizières. Lors du rapport intermédiaire, MINAGRI a confirmé que Gatsibo 31 n'était pas justifié et a demandé à l'équipe d'étude d'abandonner la planification. L'équipe d'étude a donc annulé l'étude par forage prévue pour le site GATSIBO 31 avec confirmation de la JICA.

**Tableau 8 Analyse de la situation aux barrages prévus**

Article	Bugesera 3 Ririma
Site	Bugesera 3 Ririma se situe dans la vallée voisine de Bugesera 2 Gashora, avec la crête nord de Gashora entre les deux. La forêt militaire est en aval des captages d'eau comme pour Bugesera 2. La pente des deux rives aux environs de l'axe du barrage est d'environ 1:7 des deux côtés.
Axe du barrage	L'emplacement de l'axe du barrage de Bugesera 3 a été fixé de sorte que l'eau stockée n'atteigne pas la zone militaire à niveau d'eau plein à 400 m en aval de la route principale. Une haute de 16,2 m est prévue pour le barrage. Pour la section standard du corps du barrage, une zone de couverture imperméable sera prévue en amont de manière à réduire tout suintement possible de la fondation du corps du barrage. La couverture aura une épaisseur d'1 m et une longueur de 5 fois la profondeur d'eau maximale.
Conditions géologiques	La structure géologique locale de Bugesera 3 se caractérise par l'intrusion de roches ignées dans le granite. Les coupes de route et les excavations locales montrent que les roches ont subi une altération forte à complète. Elles sont riches en quartz, avec beaucoup de mica. Le granite sur le site est affecté par un degré d'altération élevé qui fait qu'il est transformé en sable à sol sablonneux graveleux. La profondeur d'altération est importante (plus de 5 m) comme le montrent les coupures de route et les puits de recherche des environs.

	<p>Sur une distance de 50 m sur le lit de rivière le long de l'axe du barrage, il y a des sols argileux dus à l'altération totale du granite ou légèrement des dépôts du lit de la rivière. Puis sur une distance de 150 m sur le lit de la rivière, il est assumé que la zone altérée de 15-20 m de profondeur inclut une variation de limon/sable à roche altérée fissurée. Plus avant sur la couche superficielle des deux rives, il devrait y avoir des sables grossiers dérivés des granites altérés.</p> <p>Les matériaux de levée sont disponibles aux environs du site et des matériaux à noyau imperméable dans la zone du réservoir, alors que des matériaux de filtration, semi-imperméables (sablonneux) et matériaux rocheux le sont aux environs.</p>
Autres	<p>L'eau d'inondation dans le canal de trop plein à concevoir à Bugesera 2 et l'eau de drainage des captages voisins dépassera la canalisation de Bugesera 3 conçue pour être enterrée dans le lit de la rivière. La reconception de la zone du service d'irrigation de Bugesera 3 est donc requise pour éviter que la structure ne soit affectée par l'inondation et l'eau de drainage.</p>

**Tableau 9 Analyse de la situation aux barrages prévus**

Article	Bugesera 4 Museni
Site	<p>Bugesera 4 Museni a un relief relativement plat et une élévation d'environ 1.400 m, mais selon la carte topographique au 1/50.000, il y a des montagnes hautes et raides jusqu'à environ 1.500 m d'altitude dans le bassin en amont. Plus on descend dans le bassin, plus le gradient est faible sur les deux rives. A environ 2 km en aval du site, il y a des terres humides, et à environ 5 km au nord-ouest du site, la rivière se jette dans la rivière Akanyaru, affluent de la Nyabarongo.</p> <p>Des sources existent la fois en amont et en aval de la zone du réservoir. Celle en amont est située plus haut que le niveau de plein du réservoir, et celle en aval est à mi-pente d'une montagne à 300 m du réservoir, et ne devrait pas être influencée. Les gradients de pente ont été confirmés inférieurs à 16% pour 98% de la zone des deux zones de captage et la zone bénéficiaire.</p>
Axe du barrage	<p>Le bassin en amont est assez raide, mais en descendant vers l'aval, la vallée s'ouvre graduellement et le gradient des deux rives diminue aussi. Par conséquent, la capacité de stockage augmente si le site du barrage est plus en aval, à cause de la plus grande largeur de la rivière et du gradient plus faible des deux rives. Simultanément, la longueur de la crête du barrage et le volume de la levée deviennent aussi plus importants. Les points clés lors de la fixation de l'axe de barrage concerné sont comme suit: s'il existe des maisons d'habitants dans et autour de la zone du réservoir, le niveau de plein d'eau sera limité.</p> <p>De plus, il est considéré nécessaire de sélectionner un traitement de fondation par coulage de lait de ciment ou adoption d'un barrage de type homogène d'une hauteur inférieure à 15 m, en considérant les dimensions principales dérivées de la conception détaillée comme suit : taille du barrage : Hauteur du barrage : 26,5 m = crête, niveau du sol 144,5 m – Zone imperméable niveau du sol 118,0 m, largeur de la base de la zone centrale 30,5 m, et zone profondément fracturée le long de la surface de la faille.</p>
Conditions géologiques	<p>La fondation rocheuse de base est en général précambrienne, et le site et ses environs sont couverts principalement de roches métamorphiques comprenant des micaschistes incluant du quartz. Sur les pentes des deux rives du réservoir, des micaschistes affleurants très altérés ont été trouvés. Ces roches forment une fondation en pente à la fois vers l'amont et vers l'aval, et il est considéré qu'elles indiquent à la fois jonction et discontinuité de surface. Les roches présentent des veines de quartz traversant la roche-mère et sont hydrothermalement altérées. Les roches-mères sont largement couvertes de limon résiduel et de fortement altérées jusqu'à une profondeur considérable.</p> <p>La partie vallée est couverte d'argile limoneuse de couleur brun sombre non-organique sur 4 m d'épaisseur. Les deux rives sont couvertes d'une couche de limon/sable épaisse dérivée des roches de base altérées. La structure géologique en amont du canal de trop plein comprend des roches moyennement à fortement altérées, et l'épaisseur de la couche a été mesurée à environ 5 m d'épaisseur.</p>

D'après l'étude image de résistivité sur l'axe du barrage, le rapport de conception détaillée donne la référence suivante : "Sur la rive gauche de l'axe du barrage se trouve une fondation rocheuse ferme à faible profondeur; et sur la rive droite, il n'y a pas non plus de problème de fondation, bien que les roches altérées de surface soient épaisses, et que l'existence d'une faille soit supposée dans la partie lit de la rivière".

Cette analyse ne clarifie pas définitivement comment traiter géo-techniquement l'existence possible d'une faille à l'axe du barrage, et il est noté que l'étude par forage prévue sur l'existence de la faille est nécessaire avant les travaux de construction, et dans certains cas, une étude complémentaire, incluant l'axe du barrage, doit être réalisée dans la phase de pré-faisabilité.

#### 4 Plan de modèle de culture avec le projet

Le modèle de culture avec le projet est proposé correspondant aux aspirations des agriculteurs (produits qu'ils souhaitent cultiver sous irrigation) saisies lors de l'étude socioéconomique, et en considérant aussi les conditions techniques comme la capacité du barrage proposé et la politique du Projet LWH.

En particulier, tous les sites en dehors de Gatsibo 31 Rugarama, la plupart des agriculteurs souhaitent cultiver du riz s'il y a suffisamment d'eau d'irrigation. Le modèle de culture avec le riz sera donc aussi considéré. Les tableaux ci-dessous indiquent les aspirations des agriculteurs pour la culture irriguée.

**Tableau 10 Aspirations des agriculteurs pour la culture irriguée (de l'Etude de base)**

Crop	Bugesera 2	Ngoma 21	Ngoma 22	Gatsibo 31
No. of Sample HH	40	39	37	38
Maize	55%	79%	16%	82%
Cabbage	55%	41%	59%	-
Tomato	30%	28%	41%	3%
Carrot	33%	28%	30%	3%
Other Vegetables	53%	26%	57%	84%

Other Vegetables: onion, eggplant, leek etc.

**Tableau 11 Intentions de culture du riz des agriculteurs exemples**

Crop	Bugesera 2	Ngoma 21	Ngoma 22	Gatsibo 31
No. of Sample HH	40	39	37	38
Rice	100%	100%	84%	24%

Source: Result of the Baseline Survey by JICA Study Team

#### 5 Plan pour l'O&M

Sur la base de la politique de décentralisation du gouvernement du Rwanda, des pratiques des projets en cours et des activités économiques dans les zones rurales, il est fondamental que les agriculteurs bénéficiaires soient les principaux responsables de l'O&M des ouvrages d'irrigation à construire dans le Projet. Les agriculteurs bénéficiaires sont pour cela organisés en vue de devenir une coopérative par le biais du Projet. L'organisation d'agriculteurs (coopérative) gèrera les ouvrages d'irrigation sous sa propre responsabilité et en cas de problème dépassant les capacités de la coopérative, le bureau du Secteur interviendra; et si le problème dépasse les capacités du Secteur, il sera soumis au District. C'est là le cadre de base de l'O&M des ouvrages d'irrigation.

Le gouvernement central, MINAGRI et MINALOC, exécutent des programmes comme la réduction de la pauvreté et la promotion des engrais chimiques et des semences améliorées, par la mise en place de l'administration – coopérative locale. Par exemple, MINALOC fournit des subsides aux pauvres pour compenser les frais d'eau des forages dans les Districts et Secteurs. MINAGRI fournit des subsides pour les

engrais et les semences hybrides de maïs par le biais de l'administration locale pour la modernisation de l'agriculture. L'O&M des ouvrages d'irrigation à construire dans le cadre du Projet sera conforme à ce cadre de base établi, à savoir l'établissement d'une coopérative comme structure O&M de base, les problèmes dépassant la capacité de la coopérative étant transmis à l'administration locale.

Au Rwanda, une "Coopérative" est définie comme un groupe de personnes engagées dans des activités économiques, alors qu'un groupe engagé dans des activités non-économiques est appelé une "Association". Une coopérative est enregistrée auprès de l'Agence des coopératives du Rwanda (RCA) sous tutelle du Ministère du Commerce et de l'Industrie, alors qu'une association est enregistrée auprès du Ministère de la Justice. Le Gouvernement du Rwanda promeut la création de coopératives pour réaliser ses objectifs de Vision 2020, MDGs et EDPRS, parce qu'elles sont reconnues être des outils viables pour la réduction de la pauvreté et l'essor économique.

Au Rwanda, il est ordinaire qu'une coopérative agricole organise un comité de gestion de l'eau en son sein et gère les ouvrages d'irrigation. Les projets assistés par des bailleurs de fonds comme RSSP ou Lux-development suivent la même voie, en assistant la création d'une coopérative agricole par les agriculteurs bénéficiaires, qui sera l'exécutant de l'O&M des ouvrages. Par ailleurs, le responsable en charge de LWH dit à l'équipe d'étude à une réunion que MINAGRI a établi une politique selon laquelle la coopérative qui gère les ouvrages d'irrigation doit être séparée de la coopérative agricole afin de lui permettre de se concentrer sur l'O&M des ouvrages d'irrigation.

Comme indiqué ci-dessus, le gouvernement du Rwanda promeut les coopératives pour réaliser la croissance économique et la réduction de la pauvreté, et la création de coopératives agricoles sera efficace pour activer l'agriculture irriguée sur les sites du Projet. Il est donc proposé que le Projet assiste à la fois la création d'associations des usagers de l'eau en tant que coopérative et celle de coopératives agricoles. Il est aussi suggéré que le gouvernement et les agriculteurs bénéficiaires se consultent sur l'organisation des agriculteurs et décident sur la création d'associations des usagers de l'eau s'occupant uniquement de la gestion de l'eau d'irrigation et de coopératives agricoles séparées ou bien de l'intégration des deux organismes (coopérative agricole et comité de gestion en un ensemble institutionnel) ou bien d'autres manières basées sur les intentions des agriculteurs bénéficiaires.

## **6 Etude des considérations environnementales et sociales**

Cette étude a été menée dans le cadre légal des lois et règlement pertinents sur les considérations environnementales et sociales, l'administration environnementale, le processus d'évaluation de l'impact sur l'environnement au Rwanda. L'étude des sites du projet proposés, a été suivie de l'établissement du programme futur du processus EIE (Etude d'Impact sur l'Environnement) du projet proposé et des mesures de mitigation recommandées. Le projet d'irrigation proposé incluant des réservoirs de barrage exigera un processus EIE complet.

Les exigences du processus EIE pour le projet proposé se résument comme suit:

1. En tant que première étape, un développeur de projet du côté rwandais devra être fixé pour l'exécution du projet de coopération financière non remboursable japonais proposé.
2. Une fois le développeur de projet décidé du côté rwandais, la partie japonaise assistera les travaux EIE du développeur de projet pendant l'Etude du plan de base par l'identification des dimensions de base et des zones affectées par le projet proposé.
3. Le développeur de projet appliquera le processus EIE en soumettant un Dossier de projet au REMA,

organisme d'examen, et un TDR du projet proposé sera décidé après présélection du REMA.

4. Après décision du TDR, le développeur de projet engagera un expert EIE enregistré pour les travaux de l'étude EIE.
5. Une fois l'expert EIE engagé, l'équipe du plan de base JICA l'assistera dans son étude EIE sur la base des résultats de l'Etude du concept de base.
6. Il faudra de 4 à 6 mois de la demande pour le processus EIE du développeur de projet à l'approbation du REMA (il a fallu quatre (4) mois pour le projet RSSP). Puis, un E/N sera conclu entre le gouvernement japonais et le gouvernement rwandais. Une fois l'E/N accepté par les deux parties, le développeur de projet définira un plan d'exécution approuvé du projet et procédera l'expropriation des terres.

Une étude appropriée ou des mesures de mitigations seront nécessaires pour les impacts négatifs potentiels ou les impacts inconnus anticipés pour le projet proposé.

Les points suivants ont été identifiés comme des problèmes importants en relation avec l'exécution du projet:

L'expropriation des terres et leur indemnisation pour les terres agricoles submergées:

Il n'y aura pas de relocalisation à cause du projet, parce qu'il n'y a pas d'habitations en amont des sites du projet. Mais des terres agricoles ont été identifiées dans le réservoir en amont du projet proposé et certaines terres agricoles en aval seront affectées par le développement des ouvrages d'irrigation comme les canaux et le canal de trop plein.

Mesures adaptées pour les agriculteurs sans terres:

Les agriculteurs sans terres ont été identifiés. Plusieurs possibilités sont recommandées : ils peuvent être employés comme personnel pour le fonctionnement et la maintenance des ouvrages d'irrigation dans l'association des utilisateurs de l'eau nouvellement créée, ou bien des terres pourront leur être redistribuées après redistribution des terres agricoles existantes pour gagner leur vie par la production agricole.

Problèmes environnementaux pendant la construction:

Des impacts de bruit et vibration sont estimés survenir aux routes d'accès qui atteindront les sites du projet, parce que plusieurs habitations donnent sur des routes situées sur des pentes raides.

## **7 Assistance technique**

L'assistance technique du Projet considère non seulement l'exécution en tant que composant d'un Projet de coopération financière non remboursable, mais aussi la collaboration avec d'autres plans de l'Aide publique au développement (APD) du Japon, tels que projet de coopération technique et Volontaires japonais pour la coopération à l'étranger (JOCV). L'assistance technique en tant que composant d'un Projet de coopération financière non remboursable est prévue à la fin des travaux de construction. Quant à la collaboration avec d'autres plans, un projet de coopération technique dans la Province Est pour le développement agricole doit commencer en 2009, et ce projet pourrait être candidat pour collaborer avec le Projet de coopération financière non remboursable pendant et après la période de construction. L'envoi de JOCV pourrait être considéré quand les ouvrages d'irrigation sont construits et que leur emploi commencera à la mi 2011. Des

JOCV pourraient travailler avec les responsables de Secteur et de Cellule pour l'utilisation efficace des ouvrages à construire.

#### 1) Assistance technique en tant que composant d'un Projet de coopération financière non remboursable

L'assistance technique, qui sera réalisée dans le cadre de la coopération financière non remboursable du Japon, devraient comprendre les catégories suivantes : 1) assistance pour l'organisation des agriculteurs pour la gestion de l'eau d'irrigation, 2) formation à l'opération et à la maintenance des ouvrages d'irrigation, et 3) formation à l'agriculture irriguée (irrigation sur l'exploitation de culture des produits de montagne et rizières). Le principal objectif est d'assister l'organisation des agriculteurs bénéficiaires en coopérative agricole ou en association des utilisateurs de l'eau (coopérative), qui gèrera la distribution de l'eau aux bénéficiaires. Deuxièmement, la formation des agriculteurs bénéficiaires à l'opération et à la maintenance des ouvrages d'irrigation, qui seront construits dans le cadre du Projet, sera requise. Puis, la formation à l'agriculture irriguée (irrigation sur l'exploitation) sera requise pour permettre aux agriculteurs d'utiliser efficacement l'eau d'irrigation.

#### 2) Collaboration avec le Projet de coopération technique

Une fois la pertinence du Projet confirmée et la décision prise de l'exécuter, la collaboration avec le projet de coopération technique dans la Province Est pour la création et l'opération de l'organisation des agriculteurs (coopérative agricole) sera considérée. Le projet de coopération technique dans la Province Est doit commencer en 2009, avant le Projet de coopération financière non remboursable. Vu le calendrier, il est espéré que le projet de coopération technique assistera la création des coopératives agricoles sur les sites où leur création a été décidée. L'assistance technique par le Projet de coopération financière non remboursable suivra à la fin de la période des travaux de construction pour soutenir la création des comités de gestion de l'eau au sein des coopératives agricoles ou des associations des usagers de l'eau en tant que coopérative.

Après l'achèvement des travaux de construction, le projet de coopération technique commencera par le suivi et l'évaluation des activités des organisations d'agriculteurs. Des apports physiques pourront être proposés pour fournir les équipements, comme les ordinateurs, aux coopératives et il serait aussi efficace pour promouvoir les activités de coopératives que le projet de coopération technique permette de construire le bureau de la coopérative aux normes locales. L'introduction du riz Nerica pourrait également être faite sur une base pilote sur les sites du Projet de coopération financière non remboursable.

#### 3) Collaboration avec les JOCV

Il y a même actuellement des JOCV qui travaillent près des zones du Projet, par exemple dans le Secteur de Ruha du District de Bugesera, dans le Secteur de Kibungo du District de Ngoma, dans le Secteur de Karangazi du District de Nyagatare, etc. Leurs affectations sont la culture de produits alimentaires, la culture du riz, l'horticulture et le développement rural. Les conditions dans les zones du Projet ne posent pas de problèmes pour l'envoi de JOCV, mais leurs moyens de transport doivent être pris en compte.

L'installation du système d'irrigation par le Projet permettra d'étendre la culture du riz et le maraîchage, qui sont plus avantageux. Mais les agriculteurs des sites du Projet dépendent actuellement de l'agriculture pluviale avec des produits résistant à la sécheresse comme le sorgho et le manioc. Une assistance technique sera donc requise pour l'extension de l'agriculture. Sur le site Ngoma 22 Rurenge, certains agriculteurs cultivent déjà du riz, culture qui sera élargie après le Projet. Il est donc suggéré d'envoyer des JOCV connaissant bien le maraîchage et la culture du riz. Pour l'assistance aux coopératives agricoles, on considèrera soigneusement que les activités des JOCV et le travail du projet de coopération technique précité ne se chevauchent pas. Par exemple, un JOCV en charge du développement rural pourrait être attaché à une coopérative agricole pour assister le démarrage de la transformation agricole.

## 8 Pertinence du site

La pertinence du site pour l'exécution du Projet est examinée sur la base des résultats de la série d'études comme l'étude des conditions naturelles, l'étude socio-économique, l'étude environnementale et l'étude O&M.

Le tableau suivant résume le volume du réservoir et la surface irrigable de chaque site. Tous les sites, sauf Gatsibo 31, peuvent assurer plus de 50 ha de surface irrigable.

**Tableau 12 Données de base des barrages de chaque site**

Site	Buggesera2 Gashora	Ngoma21 Remera	Ngoma22 Rurenge	Gatsibo31 Rugarama	Bugesera3 Rilima	Bugesra4 Musenyi
Catchment Area(km2)	3.24	2.06	8.81	0.53	3.05	3.83
Dam Height (m)	15.2	16.6	15	16	16.2	20
Crest Elevation (EL.m)	1367	1431	1368	1436	1373	1404.5
Crest Length	367	400	200	220	297	429
Full Water Level (EL m)	1365	1429	1366	1434	1371	1402
Total Capacity (m3)	456,500	442,000	1,371,000	23,000	487,000	901,472
Effective Capacity (m3)	375,000	396,300	1,132,900	14,600	419,600	812,500
Dam Volume (m3)	111,000	140,000	65,000	35,000	121,500	241,700
Ground Level (EL m)	1352	1414	1353	1422	1357	1384.5
Irigable Area Case 1 (ha)	102	48	314	1	149	72
	Pineapple, Banana	Avocado, Banana	Paddy, Pineapple	Coffee, Banana	Pineapple, Banana	Mango, Banana
Irigable Area Case 2 (ha)	67	61	165	2	75	146
	Maize, Vegetables, Banana	Maize, Vegetables, Banana	Paddy, Maize, Vegetables,	Maize, Vegetables, Banana	Maize, Vegetables, Banana	Maize, Vegetables, Banana
Irigable Area Case 3 (ha)	51	49	—	—	57	110
	Paddy, Maize, Vegetables,	Paddy, Maize, Vegetables,	—	—	Paddy, Maize, Vegetables,	Paddy, Maize, Vegetables,

Avec les coûts et profits estimés ci-dessus, IRR, B/C et NPV ont été calculés. Le taux de réduction de 12% est appliqué pour calculer B/C et NPV. Quand le taux de rentabilité interne économique (EIRR) dépasse 12%, ce qui est un coût d'opportunité du capital au Rwanda, le B/C atteint plus de un (1), et NPV est positif; cela signifie que le profit dépasse l'investissement (coût du Projet). Le résultat n'inclut pas les contributions provenant du Japon. Le Tableau 13 résume les résultats du calcul par site et par cas.

**Tableau 13 Résultats de l'évaluation par site et par cas**

Site	Cas	IRR (%)		B/C (i=12%)		NPV (000 Rwf) (i=12%)	
		Economique	Financier	Economique	Financier	Economique	Financier
Bugesera 2	1	15,4	16,4	1,29	1,38	380.563	524.149
	2	<b>8,6</b>	<b>9,5</b>	<b>0,77</b>	<b>0,83</b>	<b>-255.393</b>	<b>-203.513</b>
	3	8,4	7,7	0,76	0,71	-227.945	-291.594
Bugesera 3	1	24,3	25,9	2,20	2,34	1.337.807	1.603.678
	2	<b>12,6</b>	<b>13,8</b>	<b>1,04</b>	<b>1,12</b>	<b>37.538</b>	<b>118.544</b>
	3	12,1	11,3	1,01	0,95	6.722	-42.666
Bugesera 4	1	12,0	12,9	1,00	1,07	4.509	88.774
	2	<b>15,9</b>	<b>17,2</b>	<b>1,27</b>	<b>1,36</b>	<b>435.934</b>	<b>615.268</b>
	3	13,8	12,9	1,13	1,06	175.285	89.985
Ngoma 21	1	4,8	4,4	0,45	0,42	-701.114	-797.259
	2	<b>4,4</b>	<b>4,8</b>	<b>0,51</b>	<b>0,53</b>	<b>-680.516</b>	<b>-697.459</b>

	3	4,8	3,8	0,53	0,48	-566.755	-676.374
Ngoma 22	1	23,8	22,5	2,10	1,97	2.888.640	2.741.268
	<b>2</b>	<b>18,2</b>	<b>16,9</b>	<b>1,44</b>	<b>1,34</b>	<b>699.874</b>	<b>591.913</b>
Gatsibo 31	1	Pas de réponse	Pas de réponse	0,002	0,005	-526.147	-562.857
	<b>2</b>	<b>Pas de réponse</b>	<b>Pas de réponse</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>-505.937</b>	<b>-541.206</b>

Le Tableau 14 suivant résume l'évaluation générale de la pertinence du Projet. Il est jugé qu'il n'y aura d'impact considérable sur l'environnement sur aucun site. A Bugesera 2 Gashora et Ngoma 22 Rurenge, les coopératives existantes pourraient être l'organisme de gestion d'O&M des ouvrages d'irrigation. Ngoma 22 Rurenge est considéré comme le site de première priorité, à haute efficacité économique, parce que sa surface irrigable est beaucoup plus grande que celle des autres sites, et le volume du réservoir plus grand comparé au corps du barrage. D'autre part, la pertinence de Gatsibo 31 est jugée très basse parce qu'il faut une grande mesure pour le torrent, mais que le volume du réservoir et la surface irrigable sont très petits, et que la zone bénéficiaire peut être couverte par le site voisin de Gatsibo 32. Le site de Ngoma 21 Remera exige l'étude de méthodes pour éviter la fuite de la couverture etc. à cause d'une partie très perméable dans le lit de la rivière. A Bugesera 4 Museni, comme la hauteur de conception du barrage dans le Projet LWH est de 26,5 m et qu'il y a une faille dans le lit de la rivière, il faut mener une étude comparative sur la position de l'axe du barrage, la hauteur du barrage, le volume du réservoir et la surface irrigable. Il est prévu que le volume du barrage, la capacité du réservoir et les coûts de construction soient largement réduits et que la zone irrigable soit également réduite.

**Tableau 14 Abrégé de l'évaluation de chaque site (1)**

	Bugesera 2 Gashora	Ngoma 21 Remera	Ngoma 22 Rurenge	Gatsibo 31 Rugarama	Bugesera 3 Ririma	Bugesera 4 Museni
Plan du Réservoir	Zone de captage : 3,24km <sup>2</sup> Capacité totale : 456.000m <sup>3</sup> Capacité effective : 375.000m <sup>3</sup> Hauteur : 15,2m Longueur de crête : 367m Volume du barrage : 111.000m <sup>3</sup>	Zone de captage : 2,06km <sup>2</sup> Capacité totale : 442.000m <sup>3</sup> Capacité effective : 376.300m <sup>3</sup> Hauteur : 16,6m Longueur de crête : 400m Volume du barrage : 140.000m <sup>3</sup>	Zone de captage : 8,81km <sup>2</sup> Capacité totale : 1.371.000m <sup>3</sup> Capacité effective : 1.132.900m <sup>3</sup> Hauteur : 15,0m Longueur de crête : 180m Volume du barrage : 65.000m <sup>3</sup>	Zone de captage : 0,53km <sup>2</sup> Capacité totale : 23.000m <sup>3</sup> Capacité effective : 14.600 Hauteur : 16m Longueur de crête : 220m Volume du barrage : 35.000m <sup>3</sup>	Zone de captage : 3,05km <sup>2</sup> Capacité totale : 487.000m <sup>3</sup> Capacité effective : 419.600m <sup>3</sup> Hauteur : 16,2m Longueur de crête : 297m Volume du barrage : 121.500m <sup>3</sup>	Zone de captage : 3,83km <sup>2</sup> Capacité totale : 912.600m <sup>3</sup> Capacité effective : 812.500m <sup>3</sup> Hauteur : 26,5m Longueur de crête : 429m Volume du barrage : 241.700m <sup>3</sup> L'emplacement de l'axe du barrage et l'étendue du barrage doivent être reconsidérés. De grandes modifications sont prévues.
Aspect technique	A considérer : coordination avec la conception de la canalisation et la zone bénéficiaire de Bugesera 3, et l'impact sur la route principale Nécessité de traitement des eaux turbides au cours de la construction pour éviter d'affecter le lac. Volume du réservoir/corps du barrage: 4,1	A considérer: les sources existantes et la partie très perméable dans le lit de la rivière. Exige un corps de barrage relativement haut à cause du gradient du lit de la rivière. Volume du réservoir faible par rapport au volume du corps, moins économique. Nécessité de traitement des eaux turbides au cours de la construction pour éviter d'affecter le torrent. Volume du réservoir/corps du barrage = 3,2	A considérer: les sources existantes. Le pont en caisson devrait être éliminé. Drainage temporaire à envisager pendant la construction. Volume du réservoir important par rapport au corps du barrage, économique. Nécessité de traitement des eaux turbides au cours de la construction pour éviter d'affecter la rizière. Volume du réservoir/corps du barrage = 21,1	Hauteur de barrage élevée à cause du torrent. Dimensions importantes requises à cause du torrent. Surface irrigable très petite. Gatsibo 32 peut couvrir la surface. Mitigation d'inondation espérée. Colmatage des rizières en aval évitable. Volume du réservoir/corps du barrage = 0,7	Coordination requise avec le plan de Bugesera 2 pour le design de la canalisation de la zone bénéficiaire. Nécessité de traitement des eaux turbides au cours de la construction pour éviter d'affecter le lac. Volume du réservoir/corps du barrage = 4,0	Possibilité de défaillance du lit de la rivière. La haute de conception du barrage est de 26 m, loin au-dessus de la norme de 15 m. Etude comparative de la position de l'axe du barrage, du volume du réservoir, etc. requise pour obtenir une hauteur de barrage d'environ 15 m. Nécessité de traitement des eaux turbides au cours de la construction pour éviter d'affecter le torrent. Volume du réservoir/corps du barrage = 3,7
	○	○	○	×	○	○
Agriculture, O&M	La coopérative agricole existante pourrait s'impliquer dans O&M. Actuellement la culture principale est le sorgho. Une augmentation de la valeur de la production est espérée avec la conversion des produits en légumes/riz et l'augmentation du rendement.	Exige la création d'une coopérative pour O&M. Actuellement la culture principale est le sorgho. Une augmentation de la valeur de la production est espérée avec la conversion des produits en légumes et l'augmentation du rendement.	La coopérative agricole existante pourrait s'impliquer dans O&M. Un élargissement de la culture du riz est espérée, ainsi qu'une augmentation du rendement. Sur la pente, la culture principale est le maïs. Une augmentation de la valeur de la production est espérée avec la conversion des produits en maïs/légumes et l'augmentation du rendement.	Exige la création d'une coopérative pour O&M. Actuellement les cultures principales sont le sorgho et la banane. Une augmentation de la valeur de la production est espérée avec la conversion des produits en légumes et l'augmentation du rendement. Mais la surface bénéficiaire est limitée.	La coopérative agricole existante pourrait s'impliquer dans O&M. Actuellement les cultures principales sont le sorgho et la banane. Une augmentation de la valeur de la production est espérée avec la conversion des produits en légumes/riz et l'augmentation du rendement.	La coopérative agricole existante pourrait s'impliquer dans O&M. Actuellement les cultures principales sont le sorgho et la banane. Une augmentation de la valeur de la production est espérée avec la conversion des produits en légumes/riz et l'augmentation du rendement.
	○	○	○	△	○	○

**Tableau 14 Abrégé de l'évaluation de chaque site (2)**

Aspects sociaux et environnementaux	Pas d'impact environnemental significatif. Il n'y aura pas de relocalisation. La zone du réservoir comprend principalement des terres agricoles à indemniser.	Pas d'impact environnemental significatif. Il n'y aura pas de relocalisation. La zone du réservoir comprend principalement des terres agricoles à indemniser.	Pas d'impact environnemental significatif. Il n'y aura pas de relocalisation. La zone du réservoir est formée de marais qui sont la propriété du gouvernement. Le nombre de bénéficiaires est le plus	Pas d'impact environnemental significatif. Il n'y aura pas de relocalisation.	Pas d'impact environnemental significatif. 4 foyers devront peut-être être relocalisés. La zone du réservoir comprend principalement des terres agricoles à indemniser.	Pas d'impact environnemental significatif. 3 foyers devront peut-être être relocalisés. La zone du réservoir comprend principalement des terres agricoles à indemniser.
	○	○	◎	○	○	○
Aspect socio-économique	La zone irrigable peut être de plus de 50 ha. Pas tellement économique.	La zone irrigable peut être de plus de 50 ha. Le grand corps du barrage fait baisser l'efficacité économique. La crête facilite la circulation sur les deux rives de la rivière.	La zone irrigable est grande, 165ha Site le plus économique. Site le plus économique La crête facilite la circulation sur les deux rives de la rivière.	La zone irrigable est trop petite. Efficacité économique très faible. La crête facilite la circulation sur les deux rives de la rivière.	La zone irrigable peut être de plus de 50 ha. L'efficacité économique dépend du type de culture.	Il est prévu que l'étendue du réservoir soit aussi petite que Bugesera2 et 3 en conséquence d'une reconsidération. Dans ce cas, l'efficacité économique sera la même que Bugesera2 et 3.
	Zone irrigable, Coût, EIRR,B/C	Zone irrigable, Coût, EIRR,B/C	Zone irrigable, Coût, EIRR,B/C	Zone irrigable, Coût, EIRR,B/C	Zone irrigable, Coût, EIRR,B/C	Zone irrigable, Coût, EIRR,B/C
Cas 1	102ha, 4,1M, 10,3%, 0,86 Ananas, Banane	48ha, 4,1M, 1,9%, 0,30 Avocat, Banane	314ha, 8,3M, 16,7%, 1,4 Ananas, Riz	1ha, 1,7M, —, 0,002 Café, Banane	149ha, 3,5M, 17,3%, 1,47 Ananas, Banane	72ha, 3,7M, 7,6%, 0,67 Mangue, Banane
Cas 2	67ha, 3,5M, 4,4%, 0,51 Maïs, Légumes, Banane	61ha, 4,4M, 1,1%, 0,34 Maïs, Légumes, Banane	165ha, 5,1M, 11,4%, 0,96 Riz, Maïs, Légumes, Banane	2ha, 1,7M, —, 0,03 Maïs, Légumes, Banane	75ha, 2,9M, 7,4%, 0,69 Maïs, Légumes, Banane	146ha, 5,1M, 9,8%, 0,85 Maïs, Légumes, Banane
Cas 3	51ha, 3,0M, 4,3%, 0,51 Riz, Maïs, Légumes, Banane	49ha, 3,8M, 1,4%, 0,36 Riz, Maïs, Légumes, Banane	— —	— —	57ha, 2,5M, 7,4%, 0,67 Riz, Maïs, Légumes, Banane	110ha, 4,3M, 8,3%, 0,75 Riz, Maïs, Légumes, Banane
	△	△	◎	×	○	△
Généralement	Il n'y a pas de problème technique significatif. Bien que la surface irrigable ne soit pas très importante, l'augmentation de la production agricole contribue à la réduction de la pauvreté.	Il n'y a pas de problème technique significatif. Bien que la surface irrigable ne soit pas très importante, l'augmentation de la production agricole contribue à la réduction de la pauvreté.	La surface irrigable est assez grande et le nombre de bénéficiaires est élevé. Efficacité économique élevée. Considéré comme le site le plus efficace.	Surface irrigable extrêmement petite et nombre de bénéficiaires limité. Site le moins efficace. La surface peut être couverte par Gatsibo 32.	Bien que la surface irrigable ne soit pas grande, l'augmentation de la production agricole contribue à la réduction de la pauvreté. Les coûts de construction sont les plus bas sauf pour Gatsibo 31.	Nécessité de reconsidération du réservoir. Il est prévu que l'étendue du réservoir soit aussi petite que Bugesera2 et 3 en conséquence d'une reconsidération. La surface irrigable est grande et l'efficacité économique élevée. L'augmentation de la production agricole contribue à la réduction de la pauvreté.
Ordre de priorité	3	5	1	—	2	4

# Contents

Preface  
Resume  
Contents  
Abbreviations  
Emplacement  
Photographies

	Page
Chapitre 1 Contexte du Projet -----	1-1
1.1 Contexte du Projet -----	1-1
1.2 Contenu de Projet LWH -----	1-1
1.3 Zone d'objectifs et de cibles du projet -----	1-2
1.4 Contenu du projet -----	1-3
1.5 Processus d'examen pertinent des 4 sites de réservoir -----	1-4
Chapitre 2 Résultats de l'étude sur le terrain	
2.1 Résultats expliqués avec référence à la politique de base -----	2-1
2.1.1 Current Situation de chaque site de barrage -----	2-1
(1) Bugesera2 Gashora -----	2-1
(2) Ngoma21 Remera -----	2-6
(3) Ngoma22 Rurenge -----	2-10
(4) Gatsibo31 Rugarama -----	2-14
(5) Bugesera3 Rilima -----	2-18
(6) Bugesera4 Musenyi -----	2-22
2.1.2 Planification pour chaque site de barrage -----	2-25
(1) Bugesera2 Gashora -----	2-25
(2) Ngoma21 Remera -----	2-32
(3) Ngoma22 Rurenge -----	2-37
(4) Gatsibo31 Rugarama -----	2-41
(5) Bugesera3 Rilima -----	2-46
(6) Bugesera4 Musenyi -----	2-49
(7) Objectif et résultats des tests des sols -----	2-56
2.1.3 Grandes lignes du plan du réservoir -----	2-70
(1) Eau d'écoulement -----	2-70
(2) Sédiments -----	2-73
(3) Capacité du réservoir -----	2-75
(4) Zone irrigable -----	2-76
(5) Bénéficiaires -----	2-77
(6) Zone bénéficiaire -----	2-79
(7) Irrigation du coteau -----	2-86
2.1.4 Grandes lignes du programme des travaux -----	2-90
(1) Nombre de jours ouvrables pour la construction des berges -----	2-90
(2) Programme des travaux de berges -----	2-91
(3) Grandes lignes de la période de travail requise -----	2-91
2.1.5 Plan de cultures -----	2-93
2.1.6 Système d'opération et de maintenance -----	2-97
(1) Position des coopératives au Rwanda -----	2-97

(2)	Coopératives existantes aux sites du Projet	2-98
(3)	Système d'opération et de maintenance	2-99
2.1.7	EIE	2-104
(1)	Programme futur	2-104
(2)	Décision de développeur du Projet	2-105
(3)	Nomination d'expert EIE et aide de l'équipe du concept de base de la JICA	2-106
(4)	Problèmes significatifs sur les considérations environnementales et sociales pour l'exécution du Projet	2-106
2.1.8	Étude sur les considérations environnementales et sociales	2-107
(1)	Lois et législation	2-107
(2)	<b>Administration</b> environnementale	2-112
(3)	Processus sur l'EIE	2-112
(4)	État actuel de l'environnement et de la société	2-115
2.1.9	Assistance technique	2-117
(1)	Résumé de l'assistance technique	2-117
(2)	Assistance aux associations d'agriculteurs pour l'O&M et gestion de l'eau d'irrigation	2-118
(3)	Assistance technique	2-120
(4)	Apports	2-122
2.1.10	Analyse économique	2-123
(1)	Base d'analyse économique	2-123
(2)	Coût du Projet	2-125
(3)	Avantages économiques du Projet	2-127
(4)	Évaluation économique et financière du Projet	2-128
(5)	Analyse de sensibilité	2-129
2.1.11	Obligations du gouvernement rwandais	2-130
2.2	Autres résultats	2-131
2.2.1	Milieu naturel	2-131
(1)	Climat et Hydrologie	2-131
(2)	La rivière et la zone de captage	2-133
(3)	Sélection de l'axe du barrage	2-134
(4)	Exploration par forage sur l'axe du barrage	2-134
(5)	Examen des matériaux meubles	2-134
(6)	Recherche des failles	2-134
(7)	Recherches sismiques	2-135
(8)	Etude topographique	2-135
2.2.2	Etude socio-économique	2-136
(1)	Mise en oeuvre de l'étude	2-136
(2)	Séance du premier jour	2-137
(3)	Séance du deuxième jour	2-137
(4)	Etude de base	2-140
2.2.3	Etude de terrain du Projet d'aide financière non remboursable du Japon (approvisionnement en eau)	2-144
(1)	Système d'approvisionnement en eau par pompe manuelle (forage) dans le secteur de Murama, district de Ngoma	2-145
(2)	Système d'approvisionnement en eau par canalisation dans le secteur de Mukarange, district de Kayonza	2-146
(3)	I Implication dans le projet LWH	2-147
2.2.4	Coûts d'exploitation et de gestion	2-148
2.2.5	Approvisionnement	2-148

(1)	Entrepreneurs -----	2-148
(2)	Travail, équipement, matériel -----	2-149
(3)	Disponibilité de l'électricité, de l'eau et du téléphone -----	2-149
2.2.6	Organisation du gouvernement rwandais -----	2-149
(1)	MINAGRI: Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales -----	2-149
(2)	Organismes gouvernementaux sous la protection du MINAGRI GRI -----	2-152
(3)	Districts ciblés par l'exécution du projet -----	2-155
(4)	Secteur ciblé par le projet proposé -----	2-157
2.2.7	Relation avec les autres donateurs -----	2-157
Chapitre 3	Recommandations	
3.1	Recommandations pour l'exécution de l'étude du concept de base -----	3-1
3.1.1	Politique de base de l'étude du concept de base -----	3-1
3.1.2	Contenu de l'Etude du concept de base -----	3-2
3.1.3	Composition de l'équipe de l'étude du concept de base -----	3-8
3.1.4	Contenu des études des sous-traitants -----	3-8
3.1.5	Collaboration avec les autres programmes tels que Projet de coopération technique Project-----	3-10
Chapitre 4	Registre	
4.1	Liste des membres de l'équipe d'étude -----	4-1
4.2	Programme d'étude -----	4-2
4.3	Liste des Parties concernées en République du Rwanda -----	4-3
4.4	Liste des données collectées -----	4-4
Appendice		
1 .	Proce's-verval des re'unions	
2 .	Etude Socioe'conimique	
3 .	Etude Topographque	
4 .	Etude Geotechnique	
5 .	Essai de la qualite' de l'eau	
6 .	Etude Ge'ologique	
7 .	Se'lection pre'liminaire dans la zone d'e'tude	
8 .	Analyse E'conomique	
9 .	Fourniture	

## Figures and Tableaus

### Tableau

Tableau 2.1.1	Population et nombre de foyers par Imidugudu -----	2-2
Tableau 2.1.2	Mode de faire-valoir par Imidugudu -----	2-3
Tableau 2.1.3	Nombre de foyers par superficie de terre -----	2-3
Tableau 2.1.4	Utilisation de la terre dans chaque Imidugudu -----	2-3
Tableau 2.1.5	Cultures principales à Gashora 2 du District de Bugesera -----	2-4
Tableau 2.1.6	Modèle de culture actuel à Bugesera 2 Gashora -----	2-5
Tableau 2.1.7	Revenu moyen annuel -----	2-5
Tableau 2.1.8	Nombre de foyers par groupement du revenu -----	2-5
Tableau 2.1.9	Population et nombre de foyers par Imidugudu -----	2-7
Tableau 2.1.10	Nombre de foyers par superficie de terre -----	2-8
Tableau 2.1.11	Cultures principales dans le secteur de Remera de Ngoma 21 -----	2-8
Tableau 2.1.12	Modèle de culture actuel à Ngoma 21 Remera -----	2-9
Tableau 2.1.13	Revenu moyen annuel -----	2-9
Tableau 2.1.14	Nombre de foyers par groupement du revenu -----	2-9
Tableau 2.1.15	Population et nombre de foyers par Imidugudu -----	2-11
Tableau 2.1.16	Cultures principales dans le secteur de Rurenge de Ngoma 22 -----	2-12
Tableau 2.1.17	Modèle de culture actuel à Ngoma 22 Rurenge -----	2-13
Tableau 2.1.18	Revenu moyen annuel Rurenge -----	2-13
Tableau 2.1.19	Nombre de foyers par groupement du revenu -----	2-13
Tableau 2.1.20	Population et nombre de foyers par Imidugudu -----	2-16
Tableau 2.1.21	Cultures principales dans le secteur de Rugarama de Gatsibo 31 -----	2-17
Tableau 2.1.22	Modèle de culture actuel à Gatsibo31 Rugarama -----	2-17
Tableau 2.1.23	Revenu moyen annuel Rugarama -----	2-18
Tableau 2.1.24	Nombre de foyers par groupement du revenu -----	2-18
Tableau 2.1.25	Principales cultures à Bugesera 3 -----	2-21
Tableau 2.1.26	Sources de revenus -----	2-21
Tableau 2.1.27	Principales cultures à Bugesera 4 -----	2-24
Tableau 2.1.28	Matériaux imperméables -----	2-53
Tableau 2.1.29	Classification standard et propriétés des sols, graviers et sables -----	2-60
Tableau 2.1.30	Test de laboratoire de puits de recherche 2A Bugesera 2 (rive gauche) -----	2-61
Tableau 2.1.31	Test de laboratoire de puits de recherche 2A Bugesera 2 (rive droite) -----	2-62
Tableau 2.1.32	Test de laboratoire de puits de recherche 21A Ngoma 21 (rive gauche) -----	2-63
Tableau 2.1.33	Test de laboratoire de Puits de recherche 21B Ngoma 21 (rive droite) -----	2-64
Tableau 2.1.34	Test de laboratoire de Puits de recherche 22A Ngoma 22 (rive gauche) -----	2-65
Tableau 2.1.35	Test de laboratoire de Puits de recherche 22B Ngoma 22 (rive droite) -----	2-66
Tableau 2.1.36	Test de laboratoire de Puits de recherche 31A Gatsibo 31 (rive droite) -----	2-67
Tableau 2.1.37	Test de laboratoire de Puits de recherche 31B Gatsibo 31 (rive gauche) -----	2-68
Tableau 2.1.38	Aperçu général des tests des sols -----	2-69

Tableau 2.1.39	Précipitations mensuelles de Bugesera -----	2-72
Tableau 2.1.40	Afflux dans Bugesera 3 (LWH Etude détaillée et Rapport d'étude de conception, 2008) -----	2-73
Tableau 2.1.41	Forme de captage caractéristique -----	2-75
Tableau 2.1.42	Capacité réelle du chaque barrage -----	2-76
Tableau 2.1.43	Zone irrigable -----	2-78
Tableau 2.1.44	Pourcentage actuel de surface cultivée pour chaque type de culture à Bugesera 2 -----	2-79
Tableau 2.1.45	Modèles agricoles à Bugesera 2 Gashora -----	2-80
Tableau 2.1.46	Modèles agricoles proposés à Bugesera 3 Rilima -----	2-80
Tableau 2.1.47	Pourcentage actuel de surface cultivée pour chaque type de culture à Ngoma 21 -----	2-81
Tableau 2.1.48	Modèles agricoles proposés à Ngoma 21 Remera -----	2-81
Tableau 2.1.49	Pourcentage actuel de surface cultivée pour chaque type de culture Ngoma 22 -----	2-83
Tableau 2.1.50	Modèles agricoles proposés à Ngoma 22 Rurenge -----	2-83
Tableau 2.1.51	Modèles agricoles proposés à Bugesera 4 Rilima -----	2-85
Tableau 2.1.52	Estimation approximatif de la période de travail du cas 1 -----	2-92
Tableau 2.1.53	Estimation approximatif de la période de travail du cas 2 -----	2-92
Tableau 2.1.54	Cultures actuelles dans les régions du Projet -----	2-93
Tableau 2.1.55	Aspiration des agriculteurs avec irrigation (étude de base) -----	2-93
Tableau 2.1.56	Intention des agriculteurs modèles pour la culture du riz -----	2-93
Tableau 2.1.57	Modèle de culture proposé: Bugesera 2 Gashora (Cas 1) -----	2-94
Tableau 2.1.58	Modèle de culture proposé : Bugesera 2 Gashora (Cas 2) -----	2-94
Tableau 2.1.59	Modèle de culture proposé : Bugesera 2 Gashora (Cas 3) -----	2-94
Tableau 2.1.60	Modèle de culture proposé : Ngoma 21 Remera (Cas 1) -----	2-95
Tableau 2.1.61	Modèle de culture proposé : Ngoma 21 Remera (Cas 2) -----	2-95
Tableau 2.1.62	Modèle de culture proposé : Ngoma 21 Remera (Cas 3) -----	2-95
Tableau 2.1.63	Modèle de culture proposé : Ngoma 22 Rurenge (Cas 1) -----	2-95
Tableau 2.1.64	Modèle de culture proposé : Ngoma 22 Rurenge (Cas 2) -----	2-96
Tableau 2.1.65	Modèle de culture proposé : Gatsibo 31 Rugarama (Cas 1) -----	2-96
Tableau 2.1.66	Modèle de culture proposé : Gatsibo 31 Rugarama (Cas 2) -----	2-96
Tableau 2.1.67	Modèle de culture proposé : Bugesera 3 (Cas 1) -----	2-96
Tableau 2.1.68	Modèle de culture proposé : Bugesera 4 (Cas 1) -----	2-97
Tableau 2.1.69	Coopératives existantes aux sites du Projet -----	2-98
Tableau 2.1.70	Loi agraire organique et rapport avec les projets de développement de l'agriculture/de l'irrigation -----	2-110
Tableau 2.1.71	Fiche du Projet -----	2-113
Tableau 2.1.72	Contenu et résultats de l'Assistance technique -----	2-123
Tableau 2.1.73	Évaluation du Facteur de Conversion Standard (SCF) -----	2-124
Tableau 2.1.74	Liste du Prix Unitaire pour l'Évaluation (avril 2009) -----	2-125
Tableau 2.1.75	Coût de Projet par Site (000 Rwf) : Cas 1 -----	2-126
Tableau 2.1.76	Coût de Projet par Site (000 Rwf) : Cas 2 -----	2-126
Tableau 2.1.77	Coût de Projet par Site (000 Rwf): Cas 3 -----	2-126
Tableau 2.1.78	Résultat de la surveillance de la production de riz dans les sites RSSP -----	2-127
Tableau 2.1.79	Bénéfice par accroissement annuel (à plein rendement unitaire avec le Projet) -----	2-128
Tableau 2.1.80	Résultats d'Évaluation par Site et par Cas -----	2-128
Tableau 2.1.81	Analyse de sensibilité sur EIRR (unité : %) : Cas 2 -----	2-130
Tableau 2.2.1	Liste des données météorologiques -----	2-131

Tableau 2.2.2	Résultat du test sur la qualité de l'eau	2-133
Tableau 2.2.3	Etude topographique	2-135
Tableau 2.2.4	Programme de l'étude socio-économique	2-136
Tableau 2.2.5	Grandes lignes de l'exécution de l'étude socio-économique	2-137
Tableau 2.2.6	Caractéristiques du secteur d'après les participants	2-138
Tableau 2.2.7	Classement des problèmes agricoles par les participants	2-138
Tableau 2.2.8	Q & R pendant la séance du deuxième jour	2-139
Tableau 2.2.9	Taille de la famille dans les ménages sélectionnés (Provisoire)	2-141
Tableau 2.2.10	Part (%) des ménages qui cultivent chaque type de culture et production moyenne (Gashora)	2-141
Tableau 2.2.11	Part (%) des ménages qui cultivent chaque type de culture et production moyenne (Remera)	2-141
Tableau 2.2.12	Part (%) des ménages qui cultivent chaque type de culture et production moyenne (Rurenge)	2-142
Tableau 2.2.13	Part (%) des ménages qui cultivent chaque type de culture et production moyenne (Rugarama)	2-142
Tableau 2.2.14	Conflits sur l'eau d'irrigation	2-142
Tableau 2.2.15	Revenus annuels moyens des ménages sélectionnés dans les quatre sites	2-143
Tableau 2.2.16	Ménages sélectionnés dans les quatre sites par groupes de revenu	2-143
Tableau 2.2.17	Evolution du budget annuel du MINAGRI	2-151
Tableau 2.2.18	Aide financière des donateurs apportée aux investissements dans le développement du projet du MINAGRI	2-151
Tableau 2.2.19	Nombre de membres du personnel pour les districts ciblés par le projet proposé	2-156
Tableau 2.2.20	Performances budgétaires actuelles des districts (2007)	2-157
Tableau 2.2.21	Revenus du district de Ngoma, impôts exclus (2007)	2-157
Tableau 3.1	Grandes lignes de l'assistance technique du Projet de coopération financière non remboursable	3-5
Tableau 3.2	Plan de l'étude topographique	3-8
Tableau 3.3	Plan de l'étude géologique	3-9
Tableau 3.4	Programme prévu en collaboration avec les organisations	3-13
Tableau 3.5	Intrants prévus de chaque organisation	3-13

## **Figures**

Figure 2.1.1	Carte de situation de Bugesera2 Gashora	2-1
Figure 2.1.2	Carte géologique de Bugesera 2 et 3	2-2
Figure 2.1.3	Carte de situation de Ngoma21 Remera	2-6
Figure 2.1.4	Géologie Ngoma 21	2-7
Figure 2.1.5	Carte de situation de Ngoma22 Rurenge	2-10
Figure 2.1.6	Géologie Ngoma22 Rurenge	2-11
Figure 2.1.7	Carte de situation de Gatsibo31	2-14
Figure 2.1.8	Carte géologique Gatsibo 31	2-16
Figure 2.1.9	Carte géologique de Bugesera 3	2-19
Figure 2.1.10	Carte de localisation de Bugesera 4	2-22
Figure 2.1.11	Carte géologique de Bugesera 4	2-22
Figure 2.1.12	Emplacement de l'axe du barrage	2-25
Figure 2.1.13	Emplacement de Bugesera 2 Cas I et Cas II	2-25
Figure 2.1.14	Zone de captage bénéficiaire de Bugesera 2 et 3	2-26
Figure 2.1.15	Zone de bénéficiaire de Bugesera 2 et 3	2-26
Figure 2.1.16	Zone de bénéficiaire de Bugesera 3 et Bugesera2 Cas II	2-27

Figure 2.1.17	Emplacement de Bugesera 2 et 3	2-27
Figure 2.1.18	Alternative pour la zone bénéficiaire de Bugesera 3	2-28
Figure 2.1.19	Emplacement du canal de drainage	2-29
Figure 2.1.20	Carte géologique de Bugesera 2 et 3	2-30
Figure 2.1.21	Emplacement du forage Bugesera	2-31
Figure 2.1.22	Section longitudinale et plan	2-32
Figure 2.1.23	Image du corps du barrage achevé et de ses environs, Bugesera 2	2-32
Figure 2.1.24	Zone de captage Ngoma 21 Remera et Ngoma 22 Rurenge	2-33
Figure 2.1.25	Géologie Ngoma 21	2-34
Figure 2.1.26	Emplacement de forage Ngoma 21	2-34
Figure 2.1.27	Section longitudinale et plan Ngoma 21	2-36
Figure 2.1.28	Image de barrage achevé et environs, Ngoma 21	2-36
Figure 2.1.29	Emplacement des forages	2-38
Figure 2.1.30	Section longitudinale et plan Ngoma 22	2-39
Figure 2.1.31	Image du corps du barrage achevé	2-40
Figure 2.1.32	Carte d'emplacement Gatsibo 31 Rugarama	2-42
Figure 2.1.33	Gatsibo 31 et Gatsibo 32	2-42
Figure 2.1.34	Carte géologique Gatsibo 31	2-43
Figure 2.1.35	Section longitudinale et Plan de Gatsibo	2-44
Figure 2.1.36	Image du barrage achevé	2-45
Figure 2.1.37	Emplacement de Bugesera 3 pendant	2-46
Figure 2.1.38	Emplacement final de l'axe de barrage Bugesera 3	2-46
Figure 2.1.39	Bugesera 3 Résultats de la prospection électrique	2-47
Figure 2.1.40	B Fosse d'emprunt et sites carrière Bugesera 2 et 3	2-48
Figure 2.1.41	Analyse du matériau de levée	2-48
Figure 2.1.42	Section longitudinale et plan de l'axe de barrage (Rapport de conception LWH)	2-49
Figure 2.1.43	Carte d'emplacement Bugesera 4	2-49
Figure 2.1.44	Plan de Bugesera 4 (Rapport de conception LWH)	2-51
Figure 2.1.45	Carte géologique Bugesera 4	2-52
Figure 2.1.46	Prospection électrique de l'axe de barrage	2-52
Figure 2.1.47	Prospection électrique à 140 m en amont de l'axe de barrage	2-52
Figure 2.1.48	Fosse d'emprunt et sites carrière Bugesera 4	2-54
Figure 2.1.49	Plan de barrage (Rapport de conception LWH)	2-54
Figure 2.1.50	Section standard de barrage (Rapport de conception LWH)	2-55
Figure 2.1.51	Image du corps du barrage achevé	2-55
Figure 2.1.52	Taille des grains appropriée pour les matériaux imperméables	2-59
Figure 2.1.53	Echelle de plasticité	2-60
Figure 2.1.54	Résultats de test des sols Bugesera 2 (1)	2-61
Figure 2.1.55	Résultats de test des sols Bugesera 2 (2)	2-62
Figure 2.1.56	Résultats de test des sols Ngoma 21 (1)	2-63
Figure 2.1.57	Résultats de test des sols Ngoma 21 (2)	2-64
Figure 2.1.58	Résultats de test des sols Ngoma 22 (1)	2-65
Figure 2.1.59	Résultats de test des sols Ngoma 22 (2)	2-66
Figure 2.1.60	Résultats de test des sols Gatsibo 31 (1)	2-67
Figure 2.1.61	Résultats de test des sols Gatsibo 31 (2)	2-68
Figure 2.1.62	Données de rendement en sédiments pour l'Afrique de l'Est et du Sud	2-74
Figure 2.1.63	Zone bénéficiaire de Bugesera 2 et Bugesera3	2-79
Figure 2.1.64	Zone bénéficiaire de Ngoma 21	2-81
Figure 2.1.65	Zone bénéficiaire de Ngoma 22	2-83

Figure 2.1.66	Zone bénéficiaire de Bugesera 4 -----	2-85
Figure 2.1.67	Système de bassins à plusieurs étages -----	2-88
Figure 2.1.68	Système combiné de bassins et de canaux -----	2-89
Figure 2.1.69	Procédure de travail de la construction des berges -----	2-91
Figure 2.1.70	Projet de JICA proposé et processus de l'EIE -----	2-105
Figure 2.1.71	Processus sur l'expropriation de terre -----	2-112
Figure 2.1.72	Diagramme du processus EIE -----	2-114
Figure 2.1.73	Relation des membres de l'association des utilisateurs d'eau et de la coopérative agricole -----	2-118
Figure 2.2.1	Informations du tremblement de terre -----	2-135
Figure 2.2.2	Ménages sélectionnés dans les quatre sites par groupes de revenu -----	2-144
Figure 2.2.3	Organigramme du MINAGRI -----	2-152
Figure 2.2.4	Organigramme du RADA -----	2-153
Figure 2.2.5	Structure d'organisation du bureau de zone du MINAGRI -----	2-155
Figure 2.2.6	Structure d'organisation du bureau de district -----	2-156

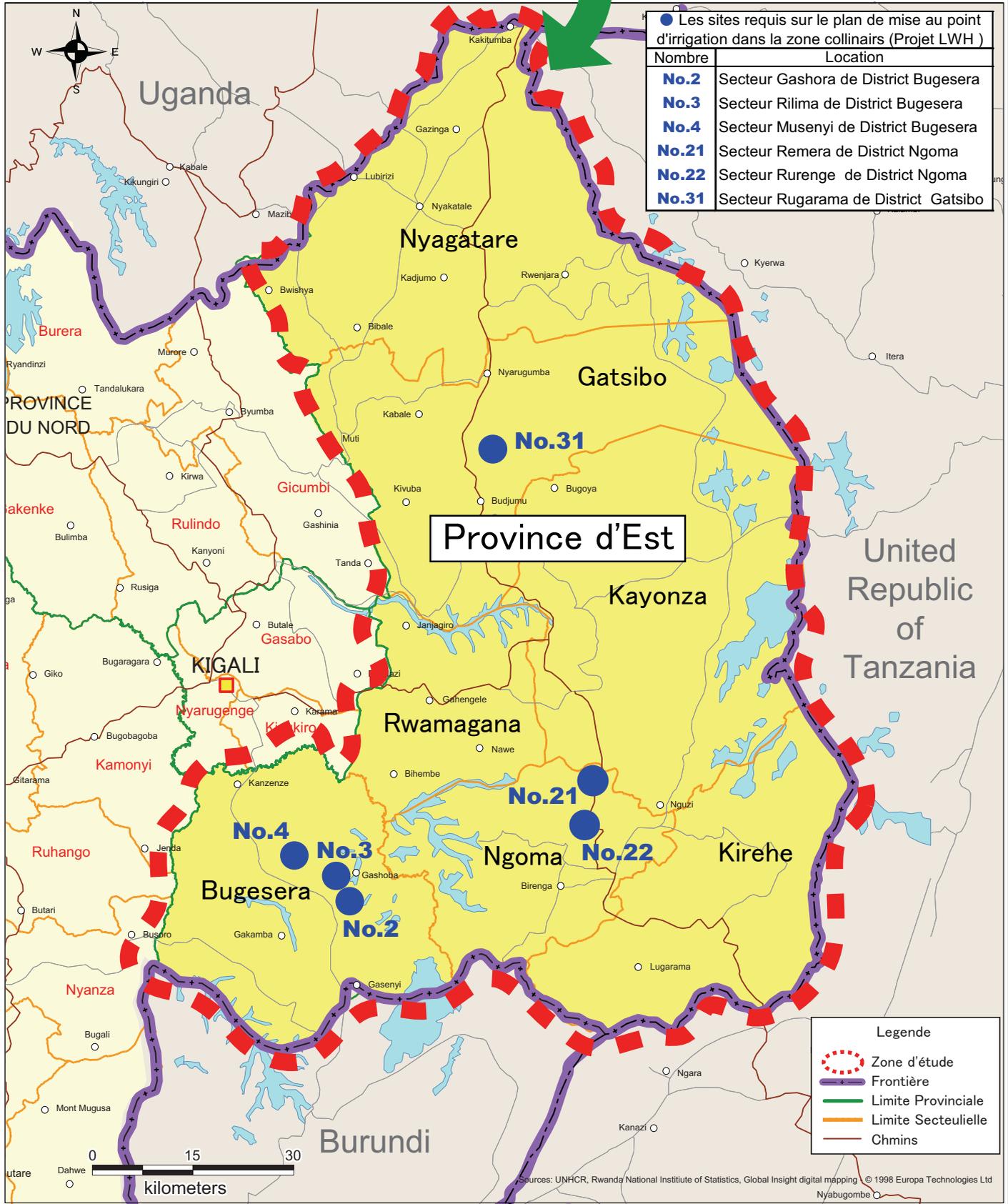
## Abbreviations

1	<b>AfDB</b>	Banque Africaine de Développement
2	<b>CAADP</b>	Programme commun de développement agricole Africain
3	<b>CARD</b>	Alliance pour le développement du riz en Afrique
4	<b>CDC</b>	Comité de développement communautaire
5	<b>CDF</b>	Fonds commun de développement
6	<b>CDP (PDC)</b>	Plan de développement communautaire
7	<b>DDP</b>	Plan de développement de district
8	<b>DFID</b>	Département du développement international
9	<b>EDPRS</b>	Stratégie de Développement économique et de Réduction de la pauvreté
10	<b>EIA</b>	Evaluation de l'impact environnemental
11	<b>GDP</b>	Produit domestique brut
12	<b>ICT</b>	Technologie de l'information et de la communication
13	<b>IEE</b>	Examen environnemental initial
14	<b>IFAD (FIDA)</b>	Fonds international de développement agricole
15	<b>IOC / IOO</b>	Ordre de mise en œuvre et d'opérations
16	<b>ISAR</b>	Institut des Sciences agronomiques du Rwanda
17	<b>JOCV</b>	Agence Japonaise de coopération internationale
18	<b>KIST</b>	Institut de Sciences et technologie de Kigali
19	<b>LWH</b>	Projet d'agriculture de terrain, de récolte de l'eau et d'irrigation en hautes terres
20	<b>M&amp;E</b>	Contrôle et évaluation
21	<b>MINAGRI</b>	Ministère de l'Agriculture et des Ressources animales
22	<b>MINALOC</b>	Ministère du Gouvernement local, du Développement communautaire et des Affaires sociales
23	<b>MINECOFIN</b>	Ministère des Finances et du Planning économique
24	<b>MINICOM</b>	Ministère du Commerce, de l'Industrie, de la Promotion de l'investissement, du Tourisme et des Coopératives
25	<b>MININFRA</b>	Ministère de l'Infrastructure
26	<b>MINITERE</b>	Ministère de la Terre, de l'Environnement, des Forêts, de l'eau et des Mines
27	<b>MTEF</b>	Cadre des dépenses à moyen terme
28	<b>NAP</b>	Politique d'agriculture nationale
29	<b>NRP</b>	Programme national pour le riz
30	<b>OCIR CAFE</b>	Office Des Cultures Industrielles du Rwanda-Café
31	<b>OCIR THE</b>	Office Des Cultures Industrielles du Rwanda-Thé
32	<b>PGNRE</b>	Gestion nationale du Projet de ressources en eau
33	<b>PRSP</b>	Documents de stratégie de réduction de la pauvreté
34	<b>PSCU</b>	Unité de support et coordination du projet
35	<b>PSTA (SPAT)</b>	Le plan de stratégie pour la transformation agricole
36	<b>RAB</b>	Conseil pour le développement agricole au Rwanda
37	<b>RAEDB</b>	Conseil pour le développement agricole à l'export au Rwanda
38	<b>RADA</b>	Autorité pour le développement agricole au Rwanda
39	<b>RARDA</b>	Autorité pour le développement des ressources animales au Rwanda
40	<b>RCA</b>	Agence de coopération du Rwanda
41	<b>REMA</b>	Autorité pour la gestion environnementale au Rwanda
42	<b>RHODA</b>	Autorité pour le développement horticole au Rwanda
43	<b>RNE</b>	Ambassade Royale des Pays-Bas
44	<b>RSSP</b>	Projet de support du secteur rural
45	<b>Rwf</b>	Franc rwandais
46	<b>SWG</b>	Groupe de travail de secteur
47	<b>TICAD</b>	Conférence internationale de Tokyo sur le développement Africain
48	<b>USAID</b>	Agence Américaine pour le développement international
49	<b>WARDA</b>	Association pour le développement du riz en Afrique de l'Ouest
50	<b>WB</b>	Banque Mondiale

# Carte de Localisation de la Zone d'Etude



Construction model of Valley-Dam



Sources: UNHCR, Rwanda National Institute of Statistics, Global Insight digital mapping © 1998 Europa Technologies Ltd Nyabugombe

## Photographies



Bugesera2  
Extrémité en amont du réservoir.  
Route principale du côté droit.



Bugesera2  
Zone bénéficiaire.  
Il y a un confluent avec Bugesera3 à l'arrière au centre.



Bugesera2  
Route de village en aval.  
Le côté gauche est le côté en amont.  
Il n'y a pas de canal de drainage.  
La route est inondée plusieurs fois par an.  
Le Lac Rumira se trouve à environ 200m du côté droit.



Ngoma21  
Source en aval de l'axe du barrage.  
Elle a été construite par une ONG.



Ngoma21  
Vue en amont de la zone  
bénéficiaire aval.  
L'axe du barrage proposé est situé à  
environ 200m en amont du champ  
de bananes.



Ngoma21  
Lit de la rivière sur l'axe du barrage  
proposé.  
Champ de sorgho.



Ngoma21

Champ de sorgho et champ de bananes sur le lit de la rivière.



Ngoma22

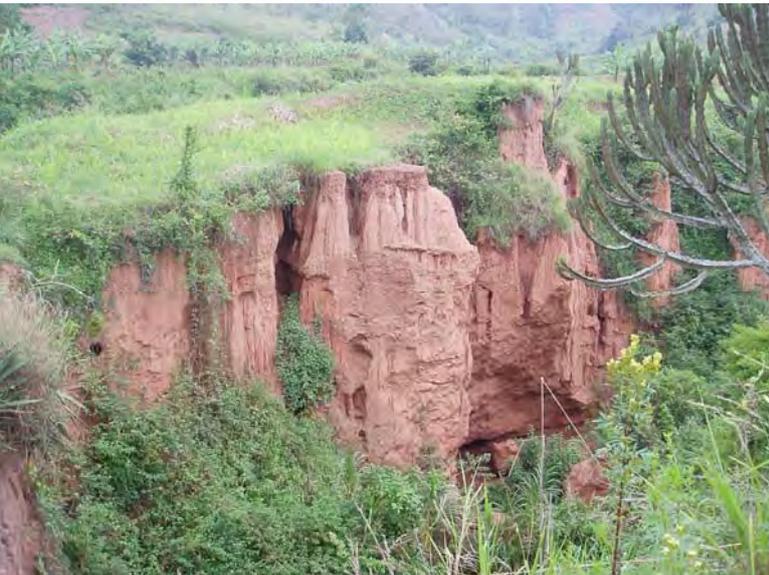
L'axe du barrage proposé est situé juste en aval du petit pont.

Les rizières sont en aval.



Ngoma22

Vue en amont de la butée de droite.

	<p>Ngoma22</p> <p>Vue en amont du coteau du côté droit à 3km en aval de l'axe du barrage.</p> <p>Rizières dans la zone du lit de la rivière et sorgho sur la zone du coteau.</p>
	<p>Gatsibo31</p> <p>Vue du haut de la montagne de la zone de captage de la source.</p> <p>Il y a un grand ravin.</p> <p>L'axe du barrage proposé est situé en aval du confluent.</p>
	<p>Gatsibo31</p> <p>Ravin près de l'axe du barrage.</p> <p>Profondeur d'environ 15m, largeur d'environ 15m.</p>

	<p>Gatsibo 31</p> <p>Vue en aval de l'axe du barrage proposé.</p>
	<p>Bugesera4</p> <p>Vue en amont de l'axe du barrage proposé.</p>
	<p>Bugesera4</p> <p>Champ dans la zone du lit de la rivière.</p>



Barrage de Kanyanyanba. Construit par le Projet RSSP.

Parapet sur la crête du barrage.

Débordement par l'avant de type canal de déversement.



Station de pompage en construction avec l'aide du Luxembourg.

Type de moteur diesel.



Projet de conservation du sol par World Vision.

Secteur de Gashora, District de Bugesera.

Fossé d'excavation le long de la ligne de contour.

Réduction de la vitesse des eaux de ruissellement. Une infiltration et un stockage sont également attendus.

Cela a été fait en tant que Vivres-contre-travail.

## **Chapitre 1 Contexte du Projet**

### **1.1 Contexte du Projet**

La République du Rwanda est appelée « pays des milliers de collines » du aux nombreuses collines et zones humides du pays. La population est de 9 millions dans un pays d'une superficie de 26.000km<sup>2</sup> et plus de 90% des résidents dans la zone rurale vivent sur les crêtes des montagnes conformément à la politique du règlement de rassemblement (Imidugudu) après la guerre civile.

L'agriculture est la principale industrie, qui emploie 87% de la population active totale et représente 47% du PIB du Rwanda. Les produits principaux sont le café et le thé, qui sont exportés vers d'autres pays, cependant les conditions des ventes de ces cultures et les bénéfices dépendent des facteurs externes tels que les modifications climatiques ou la fluctuation internationale des prix et sont donc instables. D'un autre côté, la plupart des agriculteurs se lancent dans la récolte du sorgho, du maïs et des diverses pommes de terre pour une auto-assistance. La moyenne nationale de possession de terre par foyer au Rwanda est relativement petite, 0.76ha/foyer. Ce statut semble résulter de certains facteurs défavorables tels que l'érosion des sols, la culture sèche instable et la dégradation des sols. De plus, de récentes sécheresses ont entraîné des dommages significatifs pour les populations, tels qu'une diminution de nourriture et des enfants myopathes.

Il est nécessaire de résoudre ces problèmes en prenant des contre-mesures comme une amélioration des technologies d'agriculture dans les zones vallonnées, une conservation du sol, un développement des zones humides et une activation des communautés rurales, qui mène une réduction de la pauvreté et une amélioration des conditions de vie.

### **1.2 Contenu de Projet LWH**

#### **(1) Résumé de Projet LWH**

Le projet de water harvesting et d'irrigation du coteau (ci-après désigné comme LWH), qui a déclenché et encourage directement cette mise en œuvre de projet, a pour but d'augmenter la production agricole et la commercialisation/diversification des produits agricoles par la gestion des terres, le water harvesting et l'irrigation des terres dans les zones vallonnées. Ces essais peuvent être considérés comme contribuant à la sécurité alimentaire, à l'amélioration des conditions de vie dans la zone cible et au développement socioéconomique. De plus, il a pour but de renforcer les institutions gouvernementales et les organismes du secteur privé afin d'encourager le développement participatif impliquant les administrations locales.

Selon le projet LWH, 101 réservoirs dans les 17 Districts du pays doivent être construits avant 2012. 32 réservoirs au cours de la 1<sup>ère</sup> phase (2009-2010) et les autres 69 réservoirs au cours de la 2<sup>nde</sup> phase (2011 - 2012) seront construits, ce qui permettra de développer environ 10.000ha de terre par irrigation (3.100ha au cours de la 1<sup>ère</sup> phase de construction et 6.900ha au cours de la 2<sup>nde</sup> phase de construction). De plus, environ 30.250ha de terre peuvent être développés en se basant sur la technologie intensive et

évoluée de gestion des terres. Les bénéficiaires pourront travailler sur l'agriculture commerciale. En plus de cela, il est nécessaire d'encourager le développement des capacités du personnel du gouvernement central, du District et du secteur, et il est essentiel de renforcer la coopération avec les communautés locales. Pour la réussite de cet objectif, les cinq éléments suivants doivent être mis en oeuvre.

- L'amélioration du système de production agricole face à l'érosion des sols et l'infertilisation des sols sera mis en place d'une manière durable.
- La diversification des exportations par le développement de cultures à valeur ajoutée, de fruits, de gestion des forêts et de cultures fourragères sera encouragée.
- La conservation du sol, le water harvesting et la gestion du barrage du réservoir seront mis en oeuvre pour encourager l'irrigation dans les zones vallonnées par les bénéficiaires.
- L'établissement d'associations modèles d'agriculteurs sera soutenu par la gestion des ressources des terrains, le water harvesting, l'irrigation des zones vallonnées, et l'amélioration du système de distribution.
- L'environnement est protégé par l'aménagement des bassins versants, la prévention de l'érosion des sols et le développement des ressources en eau.

## **(2) Demande au Gouvernement japonais**

Le projet LWH couvrira la construction de 101 réservoirs dans tout le pays. Il est demandé au Gouvernement Japonais de construire les quatre réservoirs qui sont situés dans la partie sud de la Province de l'Est sur les 101 tel qu'il est décrit ci-dessus et de fournir les équipements par le projet d'aide financière non remboursable.

### **1.3 Zone d' objectifs et de cibles du projet**

#### **(1) Objectifs**

Les objectifs du projet sont les suivants :

- ① L'étude de faisabilité sur la construction des quatre réservoirs requise par le Gouvernement Japonais est mise en oeuvre en termes d'aspects techniques, pertinents, des conditions naturelles, des conditions socioéconomiques (y compris le système social, le budget, le niveau technique, les compétences agricoles, etc.) et des considérations sociales et environnementales.
- ② Basé sur les résultats de l'étude ci-dessus, l'organisation de la seconde étude y compris la zone d'étude, l'étendue des travaux et le personnel nécessaire est soutenue par le côté Japonais. Cette seconde étude sera mise en oeuvre au niveau de la conception de base. Dans cette phase, il est nécessaire de confirmer la priorité de chaque installation et équipement, et d'obtenir le matériel nécessaire pour la conception des installations. De plus, on a dressé les points importants pour l'étude de conception de base.
- ③ Le programme de coopération technique qui sera mis en oeuvre par la JICA sera revu. (Cette étude fait partie du programme d'aide qui sera mis en oeuvre par la JICA. Il est nécessaire de considérer les relations entre l'étude et le projet de coopération technique par le programme d'aide et de clarifier la position du projet LWH dans le cadre du programme d'aide).
- ④ On a obtenu des données et informations nécessaires pour examiner la nécessité et la pertinence du projet de coopération technique sur l'assistance/le support technique pour le

développement durable de la production de riz dans le District de Bugesera au Rwanda.

- ⑤ Basé sur le cadre du programme d'aide, la possibilité de coopération entre le projet LWH et le projet de coopération technique de la JICA est examinée. De plus, des possibilités de bonne coopération sont étudiées à des fins d'effet synergétique.

## (2) Zone d'étude

La zone d'étude est située dans la Province de l'est, qui couvre le District de Bugesera où les emplacements des réservoirs sont indiqués dans la requête, le District de Ngoma et le District de Gatsibo.

District	Bugesera	Ngoma	Gatsibo	Kayonza	Kirehe	Rwamagana	Nyagatare	Total
Zone (km <sup>2</sup> )	1.334.0	738.0	1.585.3	1.954.0	1,225.4	691.6	1,741.0	9.269.3
Population	281,232	271,585	283,456	234,106	292,215	255,630	328,658	1,946,882
Secteur	15	14	14	12	12	14	14	95
Cellule	72	64	69	50	60	82	106	503
Umdugudu	581	473	603	422	612	474	628	3.793
Site requis N°	N°2	N°21 N°22	N°31	-	-	-	-	

### 1.4 Contenu du projet

Le projet consiste en un travail préparatoire au Japon, une étude de site, analyse et rapport comprenant la compilation des résultats de l'étude. Le travail préparatoire couvre l'examen de la demande sollicitée par le gouvernement Rwandais et l'analyse des données existantes ainsi que l'évaluation préliminaire des quatre sites pour la construction du réservoir. De plus, l'équipe de l'étude revoit tous les points à débattre avec les agences/institutions pertinentes au Rwanda, le calendrier et le contenu.

Pour l'étude du site, l'équipe d'étude de la JICA confirme les conditions actuelles du secteur d'agriculture/irrigation au Rwanda, la situation générale dans la zone d'étude, les objectifs du projet, le contexte, l'étendue du projet et la structure de mise en œuvre. La pertinence et la faisabilité du projet sont examinées en se basant sur les résultats de l'étude des conditions naturelles, l'étude socioéconomique, l'étude sociale/environnementale et d'autres informations/données.

Après le retour au Japon, l'équipe prépare un « Rapport sur le résumé de l'étude de terrain » et évalue les impacts du projet basés sur l'analyse des données en termes d'aspects techniques, conditions économiques et considérations sociale et environnementale. L'équipe examine les installations, matériels nécessaires, la conception en ce qui concerne les éléments vulnérables, le coût du projet, le planning d'opération et de maintenance etc. De plus, l'équipe propose des termes de référence pour la seconde étude de coopération (niveau de conception de base). Un rapport final de « L'étude préparatoire pour la formulation du programme pour le développement rural dans la partie sud de la province de l'est du Rwanda (Agriculture irriguée) » est réalisé en se basant sur l'examen et l'analyse tel qu'établi ci-dessus.

## **1.5 Processus d' examen pertinent des 4 sites de réservoir**

Tout d'abord, on examine la pertinence des quatre sites pour la construction du réservoir. Après que la faisabilité du projet soit confirmée en se basant sur le système du projet Japonais, l'équipe de la JICA propose des termes de référence pour la seconde étude (niveau de conception de base) ainsi que tous les points à considérer. Par conséquent, il est nécessaire d'étudier les politiques nationales, les tendances/activités d'aide des autres donateurs, les conditions socioéconomiques, les considérations sociales et environnementale, les intérêts et préoccupations des populations sur ce projet en plus des examens techniques.

## Chapitre 2. Résultats de l'étude sur le terrain

### 2.1 Résultats expliqués avec référence à la politique de base

#### 2.1.1 Planification pour chaque site de barrage

##### (1) Bugesera2Gashora

###### 1) Site

Le rapport de conception détaillée pour le site LWH Bugesera 3 a pu être obtenu par l'étude sur le terrain et il a été confirmé que ces données de base pour Bugesera 2 étaient très similaires à celles pour Bugesera 3, parce que les n°2 et 3 sont situés à proximité l'un de l'autre. De plus, le captage pour n°2 s'étend par-delà la route principale, incluant la forêt appartenant au Département militaire, comme pour N°3. Ainsi, après consultation du responsable en charge du Secteur, il a été décidé que le corps du barrage serait situé en dehors de la zone militaire et que le niveau de plein d'eau du réservoir n'atteindrait pas ladite zone militaire.

Pour le site Bugesera 3, le réservoir est situé en aval de la route, de sorte que l'eau stockée n'affectera pas la zone militaire. Le captage n'est pas très grand, mais l'axe du barrage sera fixé à un emplacement où il ne permettra pas que l'eau atteigne la zone militaire, mais en considérant la hauteur de la crête du barrage et le niveau d'eau du réservoir pour la capacité de stockage maximum possible.

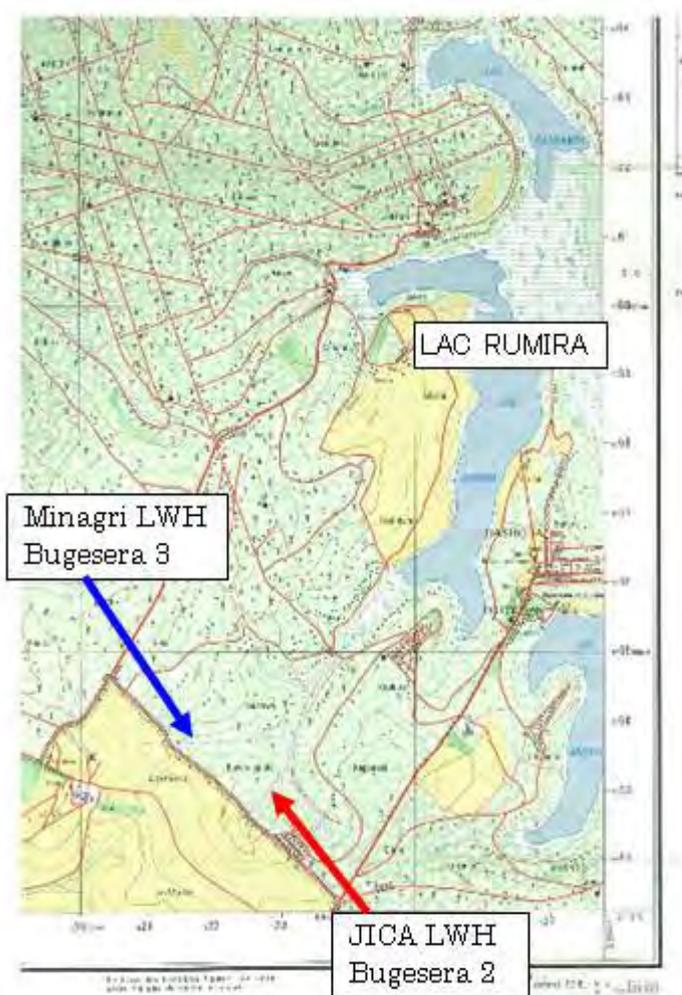


Figure 2.1.1 Carte de situation de Bugesera2 Gashora

## 2) Géologie

La géologie locale dans et autour du site du barrage est soutenue par une intrusion ignée de composition granitique et la fondation est une couche épaisse fortement altérée. Topographiquement, une rivière coule à travers la partie inférieure au centre de la vallée, mais l'eau de surface coule comme un cours d'eau saisonnier, c'est-à-dire pas toujours. Comme le montre la Figure 2.1.1, la carte géologique dans et autour de Bugesera 2 et 3, référée de la carte géologique établie par l'Institut géologique, Belgique, le lit de la rivière est couvert de dépôts alluvionnaires comme argile, sable et graviers.

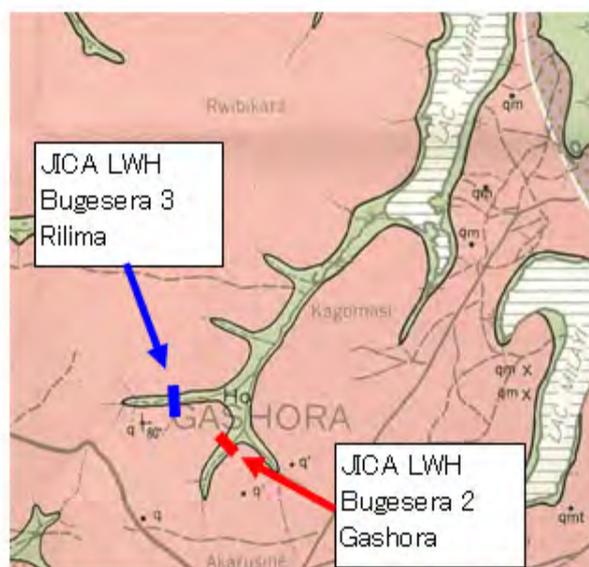


Figure 2.1.2 Carte géologique de Bugesera 2 et 3

## 3) Socioéconomie

Trois (3) imidugudu d'Akagako, Kuwuruganda et Kagomasi qui appartient à la cellule Kagomasi du secteur de Gashora sont situés près du site du projet. Toutes les habitations des imidugudu ci-dessus sont situées en aval du projet proposé et aucune habitation n'est submergée par le projet.

### a. Population, structure familiale et nombre de foyers

Le tableau 2.1.1 montre la population et le nombre de foyers par imidugudu. 78 à 116 résidents résident dans trois imidugudu et la taille moyenne des foyers est de 4.1 personnes. La proportion du nombre de foyers tenus par des femmes sur le nombre de foyers total dépasse 25 pour cent et cela indique la proportion maximum de 42,4 pour cent dans l'imidugudu de Kagomasi. Tous les foyers sont situés en aval du site du projet.

Tableau 2.1.1 Population et nombre de foyers par Imidugudu

		Imidugudu		
		Akagako	Kuwuruganda	Kagomasi
2002	Nombre de foyers	66	89	65
	Hommes	122	211	132
	Femmes	221	172	189
	Population	343	383	321
2008	Nombre de foyers	78	116	85
	Hommes	147	192	144
	Femmes	231	218	205
	Population	378	410	349
	Nombre de foyers tenus par des femmes (%)	21 (26,9)	34 (29,3)	36 (42,4)

Source: entrevue par l'équipe d'étude du JICA

b. Mode de faire-valoir

Le tableau 2.1.2 montre l'état actuel du mode de faire-valoir par imidugudu. Les agriculteurs sans terres forment la plus grande partie des foyers près du site du projet, suivis par les terres louées et les terres privées. Environ la moitié de tous les foyers sont des agriculteurs sans terres dans les imidugudu d'Akagako et de Kagomasi et environ 72 % de tous les foyers sont sans terres, ce qui montre que la zone avoisinante du site du projet a de nombreux agriculteurs sans terres. Les agriculteurs exploitant des terres louées payent de 4.000 à 15.000 Rwf/an d'impôts locatifs.

**Tableau 2.1.2 Mode de faire-valoir par Imidugudu**

Imidugudu	Nombre de foyers					Total
	Agriculteurs sans terres	Terres louées	Terres louées + Terres possédées	Terres possédées	Propriétaire non occupant	
Akagako	39	21	9	9	-	78
Kuwuruganda	84	20	11	1	-	116
Kagomasi	42	28	10	5	-	85

Source: entrevue par l'équipe d'étude du JICA

c. Superficie des terres

Le nombre de foyers par superficie de terres agricoles est indiqué au tableau 2.1.3. Le nombre de foyers exploitant des terres en-dessous de 0,5ha est plus grand et celui exploitant des terres de plus de 2 ha est plus petit. Le nombre de foyers possédant des terres d'une superficie de 0,5 à 2ha varie dans chaque imidugudu.

**Tableau 2.1.3 Nombre de foyers par superficie de terre**

Imidugudu	0 ha	0 < 0,5 ha	0,5 < 1,0	1,0 < 1,5	1,5 < 2,0	<2,0 ha
Akagako	39	12	9	8	10	0
Kuwuruganda	84	19	4	6	2	1
Kagomasi	42	20	6	9	6	2

Source: entrevue par l'équipe d'étude du JICA

d. Utilisation des terres

Le tableau 2.1.4 montre l'utilisation des terres dans chaque imidugudu. La terre agricole est plus grande et il n'y a pas de rizière près du site du projet. La plupart des agriculteurs cultivent le sorgho, le maïs et les haricots.

**Tableau 2.1.4 Utilisation de la terre dans chaque Imidugudu**

Imidugudu	Total zone (ha)	Terre agricole (ha)			Forêt (ha)	Autres (ha)
		Rizière	Champ en hauteur	Cultures vivaces		
Akagako	60	0	40	18.8	1,2	0
Kuwuruganda	72	0	60	11	1,0	0
Kagomasi	72	0	62	7	3,0	0

Source: entrevue par l'équipe d'étude du JICA

e. Vie communautaire

Presque aucun foyer n'utilise d'électricité mais du bois de chauffage et l'utilisation d'une lampe à pétrole pour l'éclairage. Il y a un robinet public dans l'imidugudu de Kagozamsi et il est situé à un maximum de 2,5 km du centre des communautés. La communauté se plaint que l'eau du robinet est de bonne qualité mais n'est pas fournie en quantités suffisantes. En ce qui concerne la santé publique, il n'y a pas d'hôpital mais seulement une clinique. Il n'y a pas de docteur et quelques infirmières soignent les patients. Les maladies principales sont la malaria et les infections parasitaires. En ce qui concerne les installations scolaires, il y a quatre (4) écoles primaires et deux (2) écoles élémentaires/secondaires et écoles maternelles.

f. Problèmes communautaires et leurs solutions

Selon les entrevues avec les agents et agriculteurs du secteur, voici les problèmes qu'ils rencontrent actuellement :

- L'eau d'irrigation n'est pas assurée en saison sèche
- Les marais ne sont pas utilisés pour le développement agricole
- Pas suffisamment d'installations de traitement des cultures agricoles pour augmenter leur qualité marchande
- Héritage des terres

Pour les problèmes de conflits parmi les agriculteurs, le chef de secteur prend des actions de décision grâce aux discussions mutuelles entre les parties concernées. Ils peuvent faire appel à un tribunal en se basant sur les lois avec des dispositions pénales.

g. Pratiques agricoles

La culture sèche est courante dans la zone d'étude. Les cultures nécessitant plus d'eau ne sont pas cultivées près du site du projet puisque le district de Bugesera a en comparaison moins de précipitations que la province de l'Est. La vallée du site du projet n'est pas profonde et n'a pas d'écoulement d'eau dans le fond. Les cultures résistant au froid telles que le sorgho sont cultivées. Selon les résultats de l'étude économique sur les agriculteurs ciblant quarante (40) foyers, les cultures principales ont été le manioc, le sorgho, le haricot et le maïs. Le tableau 2.1.5 montre le pourcentage de foyer cultivant par type de culture.

**Tableau 2.1.5 Cultures principales à Gashora 2 du District de Bugesera**

Agriculteurs à étudier (réponses valides)	Pourcentage d'agriculteurs cultivant par type de culture (%)					
	Haricots	Manioc	Sorgho	Maïs	Patate douce	Banane
40 foyers	93%	83%	80%	80%	50%	35%

Source: entrevue par l'équipe d'étude du JICA

Avec les résultats de l'étude de base et en considérant également la visite de terrain du site, on a décrit le modèle de culture actuel du site. Actuellement, la méthode de culture intercalaire de plusieurs cultures comme le sorgho, le haricot, le maïs et la patate douce est courante.

**Tableau 2.1.6 Modèle de culture actuel à Bugesera 2 Gashora**

Crop	Area	Inter/ Monoc	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Sorghum	22%	Inter crop													
Maize	12%	Inter crop													
Sweet potato	7%	Inter crop													
Haricot bean	30%	Inter crop													
Cassava	24%	Inter crop													
Banana	4%	Mono crop													

#### h. Revenu des foyers d'agriculteurs

Le revenu moyen annuel des foyers d'agriculteurs à Gashora est estimé à 146.000Rwf. Dans celui-ci, le revenu provenant de la production de cultures occupe 81%. Les agriculteurs allouent un montant significatif de produits agricoles pour leur propre consommation. La valeur monétaire du produit pour l'autoconsommation a également été estimée. La valeur de l'autoconsommation annuelle à Gashora est de 158.000Rwf. Le revenu annuel total par foyer d'agriculteurs et la valeur d'autoconsommation sont estimés à 304.000Rwf.

**Tableau 2.1.7 Revenu moyen annuel**

Item	Gashora	
	Rwf	(%)
Crop	118,521	81%
Livestock	17,008	12%
Fishery	0	0%
Forest	1,625	1%
Farm labor	7,710	5%
Other	1,550	1%
<b>Total</b>	<b>146,414</b>	<b>100%</b>
Home Cosumption Value	157,813	
<b>Total Value</b>	<b>304,227</b>	
Crop + Home Consumption	276,334	91%

**Tableau 2.1.8 Nbre de foyers par groupement du revenu**

Annual Income + Home consumption Value (Rwf)	Gashora		
	No.	Share	Acc.
< 100,000	8	20%	20%
100,000 < 200,000	7	18%	38%
200,000 < 300,000	8	20%	58%
300,000 < 400,000	6	15%	73%
400,000 < 500,000	7	18%	90%
500,000 < 600,000	0	0%	90%
600,000 < 700,000	2	5%	95%
700,000 < 800,000	0	0%	95%
800,000 < 900,000	0	0%	95%
900,000 < 1,000,000	1	3%	98%
1,000,000 <	1	3%	100%
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>	

## i. Associations d'agriculteurs

Deux coopératives d'agriculteurs sont identifiées dans la cellule de Kagomasi et les deux sont enregistrées au gouvernement central. Une des coopératives a environ 2.500 membres et leurs activités sont des activités de coopération pour la production de maïs, manioc et savons et certains des membres entreprennent de la teinture de tissus. Une cotisation de 16.000 Rwf est demandée comme droit d'entrée. L'autre coopérative est celle de production de légumes qui a été établie par le projet d'irrigation par pompage soutenu par le gouvernement du Luxembourg, et ses membres comptent 232 personnes.

## (2) Ngoma21 Remera

### 1) Site

Le site est indiqué se trouver dans le secteur Remera 2 dans le rapport du projet LWH, mais en fait il se trouve dans le Secteur de Remera. L'équipe d'étude a confirmé l'emplacement par GPS et après confirmation du responsable chargé du site. Le nom du site est Remera, et non pas Remera 2 comme confirmé, et Ngoma 22 Remera est appelé Rurenge comme confirmé par le responsable en charge du site. Il est apparu que le relief est relativement raide, avec des broussailles naturelles sur la rive droite, alors que sur la rive gauche, le terrain en pente douce est utilisé pour l'agriculture de montagne.

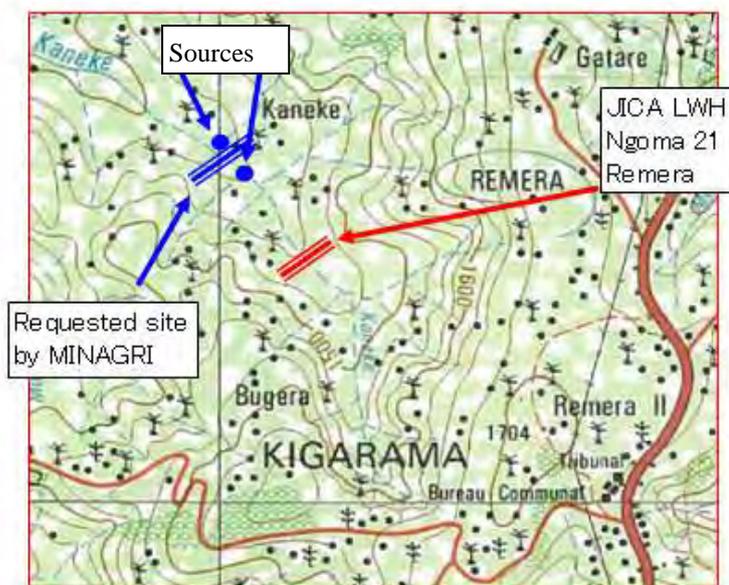


Figure 2.1.3 Carte de situation de Ngoma21 Remera

### 2) Géologie

La surface du sol, couverte de sols dérivés des granites altérés et de roches sédimentaires sableuses/boueuses, est considérée adaptée en cas d'utilisation des matériaux imperméables pris des sols granitiques altérés du contrefort de la rive gauche. Dans le lit de la rivière, il n'y a pas beaucoup de sable, et l'on peut considérer que les dépôts du lit de la rivière sont retenus à cause de la surface piézométrique plus élevée sur le site de puits de recherche sur la rive droite.

### 3) Socioéconomie

Quatre (4) imidugudu de Rweso, Gisunzu, Mumini I et Mumini II qui appartient à la cellule Bugesera du secteur de Remera sont situés près du site du projet. Aucune habitation n'est submergée par le projet proposé et elles sont situées dans des zones éloignées du projet proposé.

#### a. Population, structure familiale et nombre de foyers

Le tableau 2.1.9 montre la population et le nombre de foyers

par imidugudu. 95 à 110 résidents résident dans les imidugudu ci-dessus et la taille moyenne des foyers est de 4,0 personnes. La proportion du nombre de foyers tenus par des femmes sur le nombre de foyers total dans chaque imidugudu dépasse 19 pour cent et cela indique la proportion maximum de 32,6 pour cent dans l'imidugudu Mumini II.

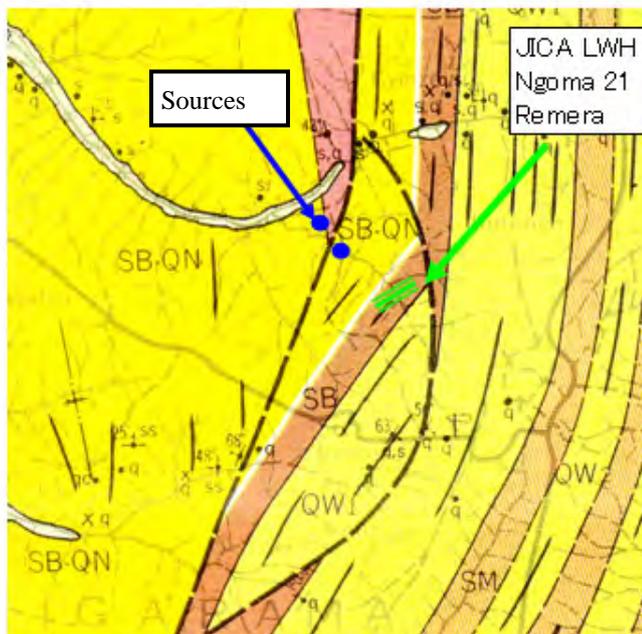


Figure 2.1.4 Géologie Ngoma 21

Tableau 2.1.9 Population et nombre de foyers par Imidugudu

		Imidugudu			
		Rweso	Gisunzu	Mumini I	Mumini II
2002	Nombre de foyers	Pas de données	87	Pas de données	Pas de données
	Hommes	Pas de données	152	Pas de données	Pas de données
	Femmes	Pas de données	211	Pas de données	Pas de données
	Population	Pas de données	363	Pas de données	Pas de données
2008	Nombre de foyers	96	110	108	95
	Hommes	198	192	201	119
	Femmes	232	241	233	238
	Population	430	433	434	357
	Nombre de foyers tenus par des femmes (%)	27 (28,1)	27 (24,5)	21 (19,4)	31 (32,6)

Source: entrevue par l'équipe d'étude du JICA

#### b. Superficie des terres

Le nombre de foyers par superficie de terres agricoles est indiqué au tableau 2.1.10. Le nombre de foyers exploitant des terres de 0,5 à 1,0ha est plus grand et il est suivi par les foyers exploitant des terres en-dessous de 0,5ha bien que les données ne soient pas disponibles pour tous les foyers. Les agriculteurs exploitant les terres au-dessus de 2,0ha ne représentent que 8 %.

**Tableau 2.1.10 Nombre de foyers par superficie de terre**

Imidugudu	0 ha	0 < 0,5 ha	0,5 < 1,0	1,0 < 1,5	1,5 < 2,0	<2,0 ha
Rweso	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	20	Pas de données
Gisunzu	13%	25%	29%	15%	10%	8%
Mumini I	Pas de données					
Mumini II	Pas de données					

Source: entrevue par l'équipe d'étude du JICA

#### c. Vie communautaire

De même que pour le site de Gashora 2, presque aucun foyer n'utilise d'électricité mais du bois de chauffage et l'utilisation d'une lampe à pétrole pour l'éclairage. Il y a une source à 3,0km du centre des communautés et deux (2) robinets publics pour boire. La communauté se plaint que l'eau du robinet n'est pas fournie en quantités suffisantes tandis que l'eau de source produit une quantité suffisante. En ce qui concerne la santé publique, il n'y a pas d'hôpital mais deux cliniques. Les maladies principales sont la malaria et les infections parasitaires.

#### d. Problèmes communautaires et leurs solutions

Selon les enquêtes, il n'y a pas de problèmes dans la communauté. Cependant, ils ont répondu que le chef de l'imidugudu règlera les problèmes quand ils se produiront.

#### e. Pratiques agricoles

La culture sèche est courante dans la zone d'étude de même que pour Gashora 2. Cependant une végétation d'herbes aquatiques est identifiée sur le site du projet puisque le district de Ngoma a en comparaison plus de précipitations que le district de Bugesera. Les agriculteurs semblent aller peu fréquemment vers les champs agricoles au fond de la vallée pour leur gestion agricole puisque la vallée du site du projet est profonde avec une distance éloignée de leurs communautés. Selon les résultats de l'étude socioéconomique sur les agriculteurs, les cultures principales ont été le manioc, le sorgho, la patate douce et le haricot etc. Certains agriculteurs exploitent des légumes. Le tableau 2.1.11 montre le pourcentage de foyer cultivant par type de culture.

**Tableau 2.1.11 Cultures principales dans le secteur de Remera de Ngoma 21**

Agriculteurs à étudier (nombre de réponses valides)	Pourcentage d'agriculteurs cultivant par type de culture (%)									
	Manioc	Sorgho	Patate douce	Haricot	Tomate	Maïs	Chou	Carotte	Oignon	Banane
39 foyers	62%	56%	51%	41%	23%	15%	15%	13%	8%	3%

Source: entrevue par l'équipe d'étude du JICA

Avec les résultats de l'étude de base et en considérant également la visite de terrain du site, on a décrit le modèle de culture actuel du site. Actuellement, la méthode de culture intercalaire de plusieurs cultures comme le sorgho, le haricot, le maïs, le manioc et la patate douce est courante.

**Tableau 2.1.12 Modèle de culture actuel à Ngoma 21 Remera**

Crop	Area	Inter/ Mono	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Sorghum	29%	Inter crop												
Maize	7%	Inter crop												
Sweet potato	17%	Inter crop												
Haricot bean	16%	Inter crop												
Vegetable (1)	4%	Mono crop												
Vegetable (2)	4%	Mono crop												
Cassava	18%	Inter crop												
Banana	5%	Mono crop												

f. Revenu des foyers d'agriculteurs

Le revenu moyen annuel des foyers d'agriculteurs à Remera est estimé à 425.000Rwf. Dans celui-ci, le revenu provenant de la production de cultures occupe 50%. Le niveau de revenu à Remera est le plus élevé parmi les 4 sites et aussi le revenu provenant d'autre chose que les cultures est plus élevé à Remera. Le tableau 2.1.13 ci-dessous montre le revenu annuel moyen du site.

Les agriculteurs allouent un montant significatif de produits agricoles pour leur propre consommation. La valeur monétaire du produit pour l'autoconsommation a également été

**Tableau 2.1.13 Revenu moyen annuel**

Item	Remera	
	Rwf	(%)
Crop	211,351	50%
Livestock	44,282	10%
Fishery	7,692	2%
Forest	82,538	19%
Farm labor	0	0%
Other	79,231	19%
<b>Total</b>	<b>425,094</b>	<b>100%</b>
Home Cosumption Value	155,333	
<b>Total Value</b>	<b>580,427</b>	
Crop + Home Consumption	366,684	63%

**Tableau 2.1.14 Nbre de foyers par groupement du revenu**

Annual Income + Home consumption Value (Rwf)	Remera		
	No.	Share	Acc.
< 100,000	6	15%	15%
100,000 < 200,000	5	13%	28%
200,000 < 300,000	4	10%	38%
300,000 < 400,000	6	15%	54%
400,000 < 500,000	3	8%	62%
500,000 < 600,000	3	8%	69%
600,000 < 700,000	1	3%	72%
700,000 < 800,000	3	8%	79%
800,000 < 900,000	0	0%	79%
900,000 < 1,000,000	1	3%	82%
1,000,000 <	7	18%	100%
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>100%</b>	

estimée. La valeur de l'autoconsommation annuelle à Remera est de 155.000Rwf. Le revenu annuel total par foyer d'agriculteurs et la valeur d'autoconsommation sont estimés à 580.000Rwf à Remera.

#### g. Associations d'agriculteurs

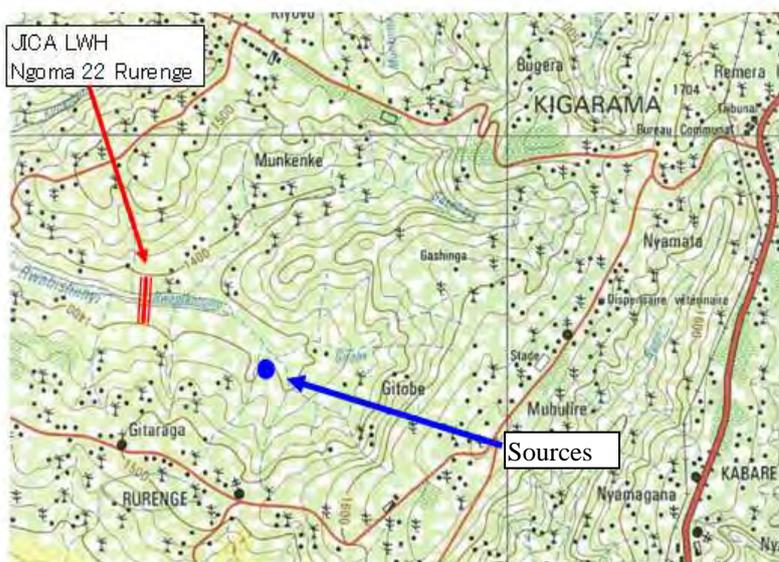
Les résidents des imidugudu prennent part aux coopératives agricoles pour la production de café et de bananes qui sont établies localement. Le nombre de membres de la coopérative de café et de bananes est de 400 et 115 personnes, respectivement. Le droit d'entrée des coopératives ci-dessus est de 20.000 et 5.000 Rwf, respectivement.

### (3) Ngoma22 Rurenge

#### 1) Site

Le site de Rurenge indiqué dans le rapport LWH est en fait un site différent. L'équipe d'étude a donc fixé l'emplacement correct en le confirmant auprès du responsable en charge du site et par GPS. Il a été finalement confirmé que la rive droite du site est Remera et la rive gauche Rurenge.

Pour ce site, les deux rives sont des champs de montagne en pente relativement douce.



**Figure 2.1.5 Carte de situation de Ngoma22 Rurenge**

Au-dessus de la rivière voisine de l'axe de barrage requis se trouve un pont en caisson. Il y a quelques années, un plan pour assurer la traversée des routes de rive à cet emplacement a été établi, mais il n'a pas beaucoup progressé. La rivière large de seulement 1 m a un écoulement de surface, et ne disparaît pas même pendant la saison sèche selon les habitants. A environ 1.140 m en amont de l'axe de barrage requis, des sources existantes sont équipées d'ouvrages de prise avec tuyaux pour les habitants.

#### 3) Géologie

La surface du sol au site est considérée dérivée de l'altération de granites et/ou roches sédimentaires sablonneuses/boueuses, et la zone de granites altérés sur le contrefort gauche est jugée utilisable comme matériau imperméable pour la levée du barrage. Il n'y a pas beaucoup de

sable sur le lit de la rivière, et les observations aux puits de recherche font penser qu'il existe des dépôts argileux retenus sur le lit de la rivière.

### 3) Socioéconomie

Le site du projet se situe à la frontière administrative du secteur de Rurenge et du secteur de Remera au fond de la vallée. Les cellules de Rujambara et Ndekeme ont une juridiction sur le site du projet. Quatre (4) imidugudu de Nyabaganza, Gitobe, Mbonwa et Masyoza ont été identifiés dans la cellule de

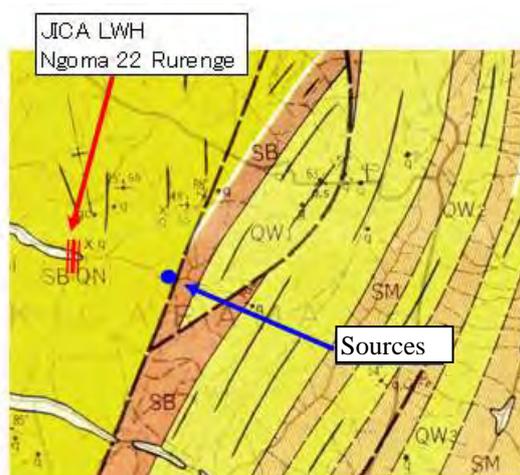


Figure 2.1.6 Géologie Ngoma 22 Rurenge

Rujambara et deux (2) imidugudu de Gikomero et Rugando dans la cellule de Ndekeme, ce qui montre qu'un nombre total de six (6) imidugudu a été identifié. Aucune habitation n'est submergée par le projet proposé et elles sont situées dans des zones en hauteur éloignées du projet proposé et ne sont pas situées au fond de la vallée à proximité du site du projet.

#### a. Population, structure familiale et nombre de foyers

Le tableau 2.1.15 montre la population et le nombre de foyers par imidugudu. 684 résidents résident dans le secteur de Rurenge et la taille moyenne des foyers est de 3,4 personnes, ce qui est plutôt petit comparé aux autres sites. La proportion du nombre de foyers tenus par des femmes sur le nombre de foyers total dans chaque imidugudu dépasse 20 pour cent. Le nombre de foyers à Gikomero et Rugando était de 171 et 234, respectivement. Cependant, les autres données n'étaient pas disponibles.

**Tableau 2.1.15 Population et nombre de foyers par imidugudu**

Secteur de Rurenge		Imidugudu			
		Nyabaganza	Gitobe	Mbonwa	Masyoza
2008	Nombre de foyers	170	169	172	173
	Hommes	245	243	246	244
	Femmes	350	345	348	336
	Population	595	588	594	580
	Nombre de foyers tenus par des femmes (%)	42 (24.7)	38 (22.5)	36(20.9)	44 (25.4)

Source: entrevue par l'équipe d'étude du JICA

#### b. Vie communautaire

Presque aucun foyer n'utilise d'électricité mais du bois de chauffage et l'utilisation d'une lampe à pétrole pour l'éclairage. La communauté prend l'eau d'un torrent et l'utilise pour boire en la faisant bouillir. Il y a neuf (9) sources près du site du projet mais seulement cinq (5) sources

peuvent être utilisées pour boire. En ce qui concerne la santé publique, il n’y a pas d’hôpital mais une clinique. Les maladies principales sont la malaria, les infections parasitaires, les maladies de l’appareil respiratoire et la fièvre typhoïde. Il y a 17 écoles maternelles, 4 écoles primaires et 1 école élémentaire/secondaire dans le secteur.

c. Problèmes communautaires et leurs solutions

Les communautés proches du site du projet ont des problèmes de conditions climatiques et des problèmes de répartition des cultures. La coopérative agricole règle essentiellement les conflits des agriculteurs mais le tribunal et la police prennent des mesures quand la coopérative ne peut résoudre les problèmes.

d. Pratiques agricoles

Le site du projet est une vallée adjacente à celle du secteur de Remera de Ngoma 21 et ses cultures sont similaires à celles du secteur de Remera. Le fond de la vallée a un marais et la culture du riz est pratiquée dans les rizières développées d’environ 15ha depuis 2006. Cependant le nivellement des sols n’a pas été effectué de manière suffisante et le rendement unitaire est jugé trop petit si l’on prend en considération l’abondance d’épis immatures tandis que les épis de riz cultivés ont été mis à côté des rizières. Selon les résultats de l’étude économique sur les agriculteurs, les cultures principales ont été le sorgho, le haricot, le maïs et le riz. Le tableau 2.1.16 montre le pourcentage de foyer cultivant par type de culture.

**Tableau 2.1.16 Cultures principales dans le secteur de Rurenge de Ngoma 22**

Agriculteurs à étudier (nombre de réponses valides)	Pourcentage d’agriculteurs cultivant par type de culture (%)							
	Sorgho	Haricot	Maïs	Riz	Manioc	Patate douce	Banane	Chou
37 foyers	68%	46%	32%	19%	19%	11%	8%	3%

Source: entrevue par l’équipe d’étude du JICA

Avec les résultats de l’étude de base et en considérant également la visite de terrain du site, on a décrit le modèle de culture actuel du site. Actuellement, la méthode de culture intercalaire de plusieurs cultures comme le sorgho, le haricot, le maïs, le manioc et la patate douce est courante.

**Tableau 2.1.17 Modèle de culture actuel à Ngoma 22 Rurenge**

Crop	Area	Inter/ Mono	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Rice	15%	Mono crop												
Sorghum	24%	Inter crop												
Maize	20%	Inter crop												
Sweet potato	5%	Inter crop												
Haricot Bean	24%	Inter crop												
Vegetable (Cabbage)	2%	Mono crop												
Cassava	5%	Inter crop												
Banana	5%	Mono crop												

e. Revenu des foyers d'agriculteurs

Le revenu moyen annuel des foyers d'agriculteurs à Rurenge est estimé à 241.000Rwf. Dans celui-ci, le revenu provenant de la production de cultures occupe 91%. Le tableau 2.1.18 ci-dessous montre le revenu annuel moyen du site.

Les agriculteurs allouent un montant significatif de produits agricoles pour leur propre consommation. La valeur monétaire du produit pour l'autoconsommation a également été estimée. La valeur de l'autoconsommation annuelle à Rurenge est de 118.000Rwf. Le revenu annuel total par foyer d'agriculteurs et la valeur d'autoconsommation sont estimés à 359.000Rwf à Rurenge.

**Tableau 2.1.18 Revenu moyen annuel Rurenge**

Item	Rurenge	
	Rwf	(%)
Crop	219,297	91%
Livestock	8,703	4%
Fishery	0	0%
Forest	0	0%
Farm labor	0	0%
Other	13,108	5%
<b>Total</b>	<b>241,108</b>	<b>100%</b>
Home Cosumption Value	118,068	
<b>Total Value</b>	<b>359,176</b>	
Crop + Home Consumption	337,365	94%

**Tableau 2.1.19 Nbre de foyers par groupement du revenu**

Annual Income + Home consumption Value (Rwf)	Rurenge		
	No.	Share	Acc.
< 100,000	3	8%	8%
100,000 < 200,000	7	19%	27%
200,000 < 300,000	10	27%	54%
300,000 < 400,000	4	11%	65%
400,000 < 500,000	3	8%	73%
500,000 < 600,000	5	14%	86%
600,000 < 700,000	3	8%	95%
700,000 < 800,000	0	0%	95%
800,000 < 900,000	1	3%	97%
900,000 < 1,000,000	0	0%	97%
1,000,000 <	1	3%	100%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>	

f. Associations d'agriculteurs

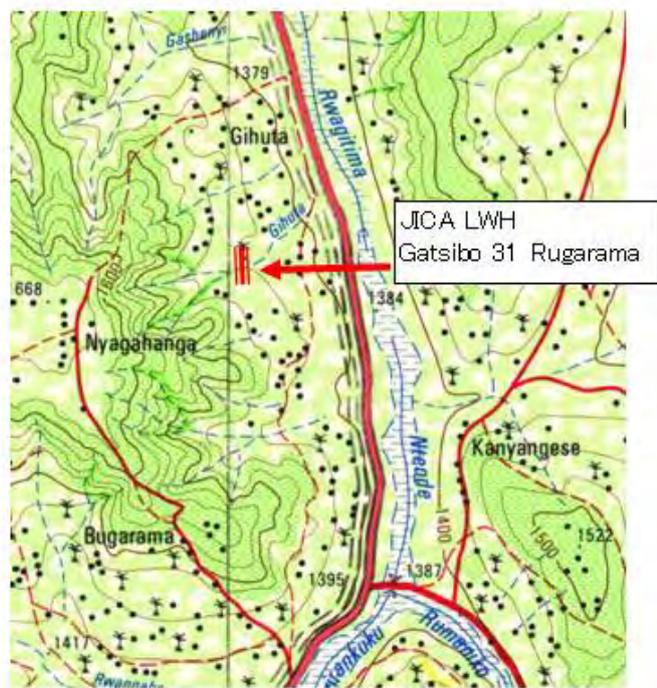
Une coopérative d'agriculteurs appelée «TWIFATANYE » établie par les riziculteurs au fond de

la vallée du site du projet a été identifiée. Cependant son enregistrement au gouvernement central n'a pas encore été achevé. Le nombre de membres de la coopérative est de 180, parmi lesquels 100 membres appartiennent au secteur de Rurenge et 80 membres au secteur de Remera. La superficie totale de la rizière est d'environ 15ha et cela signifie que la rizière par membre est de 0,08ha. Le pourcentage d'agriculteurs qui ne peuvent pas accéder à la rizière est estimé entre 15% et 20% dans les secteurs de Rurenge et Remera, respectivement, si l'on considère la relation entre le nombre de foyers de chaque imidugudu et le nombre de membres dans les coopératives ci-dessus. En plus des activités de coopérative ci-dessus, certaines activités de groupe au niveau de la communauté sont largement pratiquées dans l'investissement, les travaux de réparation des maisons et l'utilisation pour les funérailles grâce à l'argent collecté provenant des membres. Dans le secteur de Rurenge, par exemple, un groupe de 90 membres collecte chaque semaine 100 Rwf par personne et l'utilise pour des investissements privés. Une activité similaire existe dans le secteur de Remera. Il semble qu'une association d'aide mutuelle existe dans les zones rurales du Rwanda et que la tradition de supporter les dépenses en association prend racine ici. La tradition ci-dessus aura une valeur pour l'établissement de futures associations d'agriculteurs.

#### (4) Gatsibo31 Rugarama

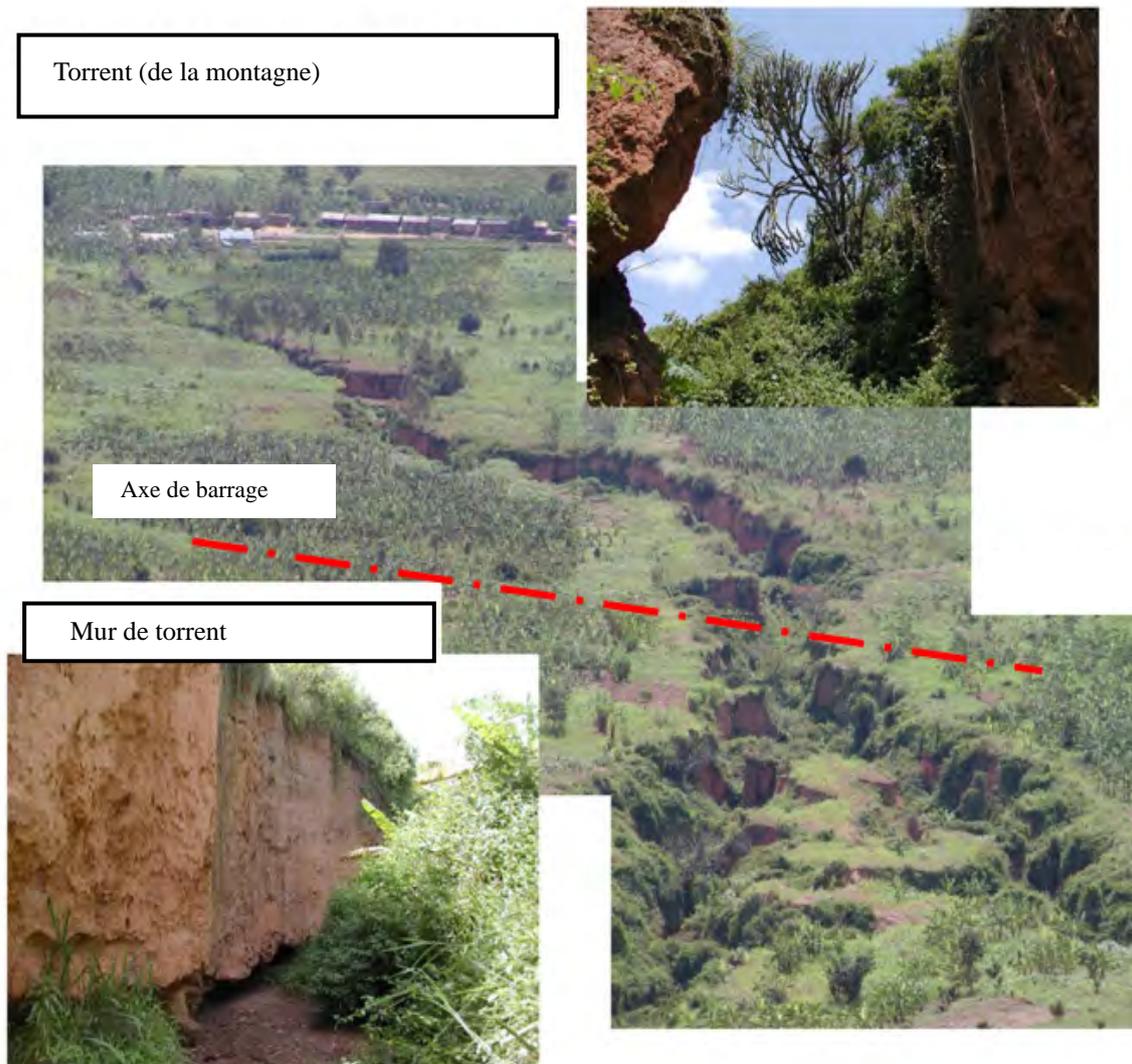
##### 1) Site

3 torrents (ravins) avec en arrière-plan des montagnes raides se rejoignent aux environs du site requis et s'écoulent alors en un seul torrent. Comme il s'agit de torrents, les deux rives sont des escarpements et la section n'est pas adaptée à la construction d'un barrage. La différence d'élévation entre le sol plat de la rive et la surface du lit de la rivière (pas d'écoulement d'eau, mais sable et graviers visibles) est estimée à environ 15 m, et si le terrain plat des deux rives est utilisé comme zone réservoir, la hauteur du barrage sera de 15 m minimum. Plusieurs crêtes basses s'étendant sur les deux rives ont été trouvées, et si l'axe du barrage est prévu



**Figure 2.1.7 Carte de situation de Gatsibo31**

pour entrer au contact de ces crêtes, la construction du barrage peut être possible; mais une grande attention devra être donnée à la différence possible d'affaissement de la partie du corps du barrage à l'intérieur du torrent et la transition de connexion au corps du barrage du terrain plat de la rive.



Torrent de Gatsibo 31 Rugarama

## 2) Géologie

Il est assumé qu'un flux rapide a pénétré dans le pied de la montagne, où des roches sédimentaires sablonneuses/boueuses et des granites ont été largement transformés, et a érodé le sol pour créer la rivière en forme de torrent. Les deux rives du torrent maintiennent un à-pic vertical de 15 m de hauteur. L'à-pic a une certaine résistance, mais est soumis à l'érosion par le flux rapide. Bien que composé de roches métamorphiques complexes, la géologie n'est pas de

type perméable, et un réservoir est possible. Dans la couche un peu plus haute que le lit de la rivière, des graviers sont exposés et des cavités sont visibles dans la partie inférieure de la couche de graviers.

### 3) Socioéconomie

Il y a deux (2) imidugudu de Gashenyi I et Agatare sur le site du projet qui appartiennent à la cellule Gihuta du secteur de Rugarama. Aucune habitation n'est submergée par le projet proposé.

#### a. Population, structure familiale et nombre de foyers

Le tableau 2.1.20 montre la population et le nombre de foyers par imidugudu. 125 et 176 foyers résident dans chaque imidugudu et la taille moyenne des foyers est de 7,7 personnes, ce qui est plus grand comparé aux autres sites. La proportion du nombre de foyers tenus par des femmes sur le nombre de foyers total dans chaque imidugudu dépasse 20 pour cent.

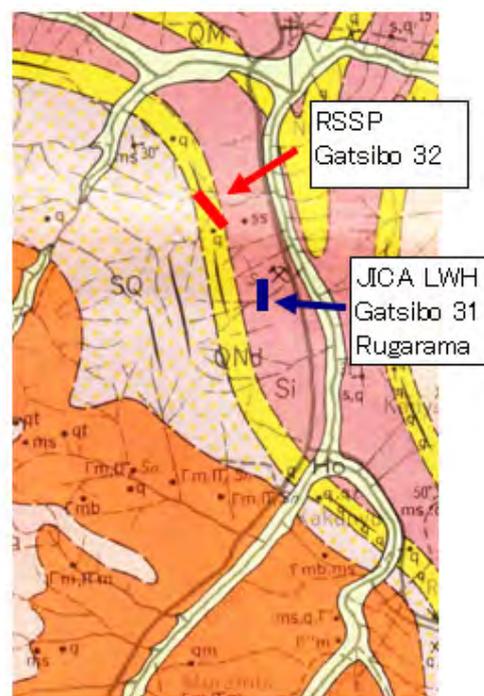


Figure 2.1.8 Carte géologique Gatsibo 31

**Tableau 2.1.20 Population et nombre de foyers par Imidugudu**

		Imidugudu	
		Gashenyi I	Agatare
2008	Nombre de foyers	125	176
	Hommes	405	507
	Femmes	721	678
	Population	1.126	1.185
	Nombre de foyers tenus par des femmes (%)	30 (24,0)	36 (20,5)

Source: entrevue par l'équipe d'étude du JICA

#### b. Vie communautaire

Certains foyers utilisent l'électricité pour l'éclairage mais la plupart des agriculteurs utilisent du bois de chauffage pour la cuisine et une lampe à pétrole pour l'éclairage. Il y a dix (10) robinets publics et puits situés dans les plaines basses pour boire. En ce qui concerne la santé publique, il n'y a pas d'hôpital mais une clinique. Les maladies principales sont la malaria, la tuberculose, les infections parasitaires, la fièvre typhoïde et le virus VIH. Il y a 5 écoles primaires, une (1) école élémentaire/secondaire et des écoles maternelles. Le personnel d'église prend soin des enfants dans les écoles maternelles.

c. Problèmes communautaires et leurs solutions

Il existe des conflits parmi les agriculteurs sur les limites de leurs terres agricoles. La coopérative agricole règle essentiellement leurs conflits mais un tribunal prend des mesures quand la coopérative ne peut résoudre les problèmes.

d. Pratiques agricoles

Le site du projet consiste en collines en hauteur avec des coteaux escarpés et des rizières dans la marais en aval qui font face à un axe routier. Le maïs, le sorgho, les haricots et les bananes sont cultivés dans les collines en hauteur, et la culture du riz est pratiquée dans les marais. La production de maïs est la pratique d'agriculture la plus courante ici puisque sa variété hybride a été distribuée dans le cadre du programme MINAGRI en 2008.

**Table 2.1.21 Cultures principales dans le secteur de Rugarama de Gatsibo 31**

Agriculteurs à étudier (nombre de réponses valides)	Pourcentage d'agriculteurs cultivant par type de culture (%)							
	Maïs	Sorgho	Haricot	Banane	Riz	Manioc	Patate douce	Chou
38 foyers	63%	42%	37%	16%	11%	5%	5%	5%

Avec les résultats de l'étude de base et en considérant également la visite de terrain du site, on a décrit le modèle de culture actuel du site. Actuellement, la méthode de culture intercalaire de plusieurs cultures comme le sorgho, le haricot, le maïs, le manioc et la patate douce est courante.

**Tableau 2.1.22 Modèle de culture actuel à Gatsibo31 Rugarama**

Crop	Area	Inter/ Monoc	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Sorghum	24%	Inter crop												
Maize	34%	Inter crop												
Sweet potato	2%	Inter crop												
Haricot bean	15%	Inter crop												
Cassava	4%	Inter crop												
Banana	21%	Monocrop												

e. Revenu des foyers d'agriculteurs

Le revenu moyen annuel des foyers d'agriculteurs à Rugarama est estimé à 135.000Rwf. Dans celui-ci, le revenu provenant de la production de cultures occupe 75%. Le tableau 2.1.23 ci-dessous montre le revenu annuel moyen du site.

Les agriculteurs allouent un montant significatif de produits agricoles pour leur propre consommation. La valeur monétaire du produit pour l'autoconsommation a également été estimée. La valeur de l'autoconsommation annuelle à Rugarama est de 73.000Rwf. Le revenu annuel total par foyer d'agriculteurs et la valeur d'autoconsommation sont estimés à 209.000Rwf.

**Tableau 2.1.23 Revenu moyen annuel Rugarama**

Item	Rugarama	
	Rwf	(%)
Crop	101,493	75%
Livestock	18,283	13%
Fishery	0	0%
Forest	0	0%
Farm labor	1,389	1%
Other	14,278	11%
<b>Total</b>	<b>135,443</b>	<b>100%</b>
Home Cosumption Value	73,181	
<b>Total Value</b>	<b>208,624</b>	
Crop + Home Consumption	174,674	84%

**Tableau 2.1.24 Nbre de foyers par groupement du revenu**

Annual Income + Home consumption Value (Rwf)	Rugarama		
	No.	Share	Acc.
< 100,000	13	36%	36%
100,000 < 200,000	12	33%	69%
200,000 < 300,000	5	14%	83%
300,000 < 400,000	1	3%	86%
400,000 < 500,000	2	6%	92%
500,000 < 600,000	1	3%	94%
600,000 < 700,000	1	3%	97%
700,000 < 800,000	0	0%	97%
800,000 < 900,000	0	0%	97%
900,000 < 1,000,000	0	0%	97%
1,000,000 <	1	3%	100%
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>	

f. Associations d'agriculteurs

Il y a une coopérative de riz appelée «COPRORIZ-Ntende » dans le marais en aval qui a été établie avec l'aide d'ADRA (NGO) en 2003. Le nombre de membres de la coopérative est de 916 et la zone bénéficiaire est d'environ 180ha. La coopérative a un bureau dans une maison isolée avec quatre (4) pièces et elle a été jugée comme une excellente coopérative par le Ministère du Commerce et de l'Industrie. Les agriculteurs ne possédant pas de terres agricoles pratiquent diverses activités de groupe telles que l'artisanat (production de paniers faits par des groupes de femmes), l'élevage de vaches, l'apiculture et la couture.

**(5) Bugesera 3 Rilima**

1) Site

Bugesera 3 Rilima se situe dans la vallée voisine de Bugesera 2 Gashora, avec entre les deux la crête nord de Gashora. En aval, la rivière Bugesera 2 et se jette dans le lac Rumira. Comme pour

Bugesera 2, il y a un écoulement de surface dans le lit de la rivière, mais pas toujours. En amont de la route dans le captage, il y a la forêt militaire comme à Bugesera 2. La pente actuelle des deux rives aux environs de l'axe du barrage est d'environ 1:7.

## 2) Géologie

La géologie locale de Bugesera 3 est caractérisée par l'intrusion de roches ignées dans la composition granitique, en tant que partie des zones couvertes d'intrusions de taille considérable au sud-est et sud-ouest de Kigali. Ces intrusions ont été observées dans la partie est du district de Bugesera et dans la partie centrale de celui de Nyanza. Pendant l'étude sur le terrain, des affleurements frais d'intrusions n'ont pas beaucoup été observés, le site Bugesera 3 y compris. Les coupes de routes et les excavations locales montrent que les roches ont subi une altération forte à moyenne. Le

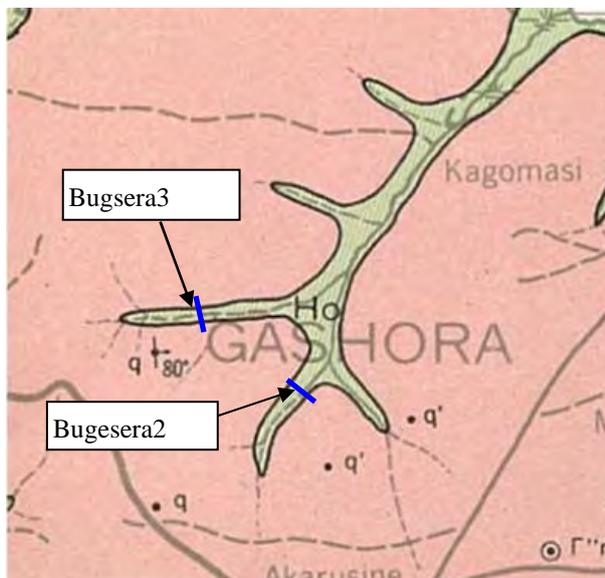


Figure 2.1.9 Carte géologique de Bugesera 3

sol est riche en quartz avec beaucoup de minéraux de mica. Le granite du site est affecté par une altération importante, au point qu'il est transformé en sable à sol sablonneux graveleux. La profondeur d'altération est importante (plus de 5 m) comme le montrent les coupes de routes et les puits de recherche des environs. Du côté gauche de la vallée, le granite a été tellement altéré qu'il présente des parties fines et grossières en proportions pratiquement égales.

En ce qui concerne les structures géologiques, la roche a été affectée seulement par des joints remplis par des veines de quartz ultérieures. Dans la plupart des affleurements altérés, ces veines apparaissent fortes et résistantes, et révèlent un réseau fluvatile dendritique. Elles sont exemptes d'autres structures géologiques comme joints ouverts en profondeur, failles et plis.

## 3) Conditions socio-économiques

La zone du site inclut l'imidigudu de Gasarwe, secteur de Gashora, et l'imidigudu de Nyabagendwa, secteur de Rilima, dans le district de Bugesera.

### a. Population, structure familiale et nombre de foyers

D'après l'étude socio-économique menée par le MINAGRI, 91% des foyers de la zone sont dirigés par un homme et 9% par une femme. Le nombre moyen des membres d'une famille est de 6,1 personnes, et 88% des chefs de famille sont mariés, 9% sont des veufs ou veuves et 3% sont célibataires.

#### b. Structure agricole

61% des agriculteurs n'ont pas de certificat officiel de propriété de leurs terres, mais 15% d'entre eux en ont un. Des terres agricoles sont allouées à 24% des agriculteurs par le gouvernement, mais ils n'ont pas le droit de les vendre.

#### c. Taille des terres

La surface moyenne des terres agricoles par famille est de 1,16 ha, mais 33% des foyers ont moins de 0,5 ha, 18% possèdent de 0,5 à 1,0 ha, et 49% en moyenne 0,7 ha. 15% des familles louent en moyenne 0,3 ha de terres agricoles. Les agriculteurs pratiquent des cultures variées sur des terres agricoles éparpillées. Les terres agricoles sont vendues à 650.000 RWF/ha sans cultures et à 1.200.000 RWF/ha avec des bananes.

#### d. Utilisation des sols

Les terres dans la zone concernée sont utilisées pour la culture du manioc, du sorgho, du maïs et d'autres cultures en hautes terres, il n'y a pas de rizières. D'après le rapport LWH, il n'y a pas de maison dans la zone du réservoir, mais 4 maisons proches du réservoir doivent être déplacées.

#### e. Vie communautaire

Il y a un forage dans l'imidugudu, et un foyer utilise en moyenne 80 l/jour, et il faut 1 heure pour pomper 20 l/une fois. L'eau du forage est vendue à 10 RWF/20 l. Aucun foyer n'utilise l'électricité, et le bois de feu est utilisé comme combustible et le kérosène pour l'éclairage par la plupart des foyers. Les membres de 61% des foyers ont au moins une éducation de base, 58% ayant suivi un peu l'éducation primaire, et 3% ayant atteint le niveau du collège; 39% des chefs de famille n'ont pas suivi d'études régulières.

#### f. Pratique de l'agriculture

Les agriculteurs de la zone pratiquent des cultures diverses. Les principales cultures sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Les haricots, le manioc, le sorgho, le maïs et la patate douce sont cultivés par beaucoup d'agriculteurs, puis l'arachide et le plantain. Certaines contraintes empêchent les agriculteurs d'atteindre les rendements optimums. Elles incluent le manque d'eau pendant la saison de croissance, suite aux précipitations insuffisantes pendant la saison des pluies et la sécheresse après la saison des pluies, provoquant l'assèchement des cultures avant maturité, des insectes nuisibles et maladies, des ressources de rétablissement de la fertilité du sol inadéquates et de mauvaises pratiques de gestion des cultures.

**Tableau 2.1.25 Principales cultures à Bugesera 3**

Agriculteurs à étudier (nombre de réponses effectives)	Pourcentage d'agriculteurs par type de culture (%)								
	Haricots	Manioc	Sorgho	Maïs	Patate douce	Soja	Arachide	Plantain	Autres cultures
33 foyers	100%	94%	91%	85%	82%	39%	18%	9%	3%

Source: "Etude détaillée et étude de conception – Volume 4-5 Bugesera – 4: Conditions socioéconomiques", MINAGRI 2008

Le marché de village le plus proche du site du projet est à Rwibikara. La distance du site du projet au marché est d'environ 1 km, sur une route en terre non pavée, considérée en mauvais état par les interviewés, mais empruntable par les camions tout au long de l'année. Le marché principal le plus proche est celui de Gashora, qui est à 3 km du site du projet. La route menant à ce marché est une route en terre pavée considérée bonne et empruntable par les camions tout au long de l'année.

**g. Revenu des familles d'agriculteurs**

Le revenu annuel moyen dans la zone est de 336.076 RWF, et les sources de revenus sont comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2.1.26 Sources de revenus**

Agriculteurs à étudier (nombre de réponses effectives)	Pourcentage des foyers obtenant un revenu de chaque rubrique (exemple: 94% des 33 foyers ont un revenu des cultures et le montant moyen est de 230.116 RWF)								
	Rubrique	Culture	Elevage	Travail (sauf ouvrier agricole)	Ouvrier agricole temporaire	Main-d'œuvre temporaire (sauf ouvrier agricole)	Ouvrier agricole de longue durée	Affaires	Envoi de fonds
Percentage	94%	55%	3%	39%	12%	3%	3%	6%	6%
Average Income	230.116	60.417	168.000	139.231	45.100	156.000	360.000	75.000	22.500

Source : "Etude détaillée et étude de conception – Volume 4-5 Bugesera – 4: Conditions socioéconomiques", MINAGRI 2008

**h. Organisations des agriculteurs**

42% des agriculteurs sont affiliés à une organisation d'agriculteurs. 63% de leurs activités sont la production, la commercialisation, l'épargne et le crédit.

## (6) Bugesera4 Musenyi

### 1) Site

Bugesera 4 Musenyi se situe dans le Secteur de Musenyi, environ 23 km au sud de Kigali et environ 18 km à l'ouest de Bugesera 3 et Bugesera 2. Actuellement, le site est relativement plat, d'une élévation d'environ 1.400 m, avec des montagnes d'environ 1.500 m élevées et raides en amont, selon la carte topographique au 1/50.000. Plus on descend dans le bassin, plus le gradient des deux rives devient faible. A environ 2 km en aval du site, il y a des terres humides, et à environ 5 km au nord-ouest du site, la rivière se jette dans la rivière Akanyaru, un affluent de la Nyabarongo.

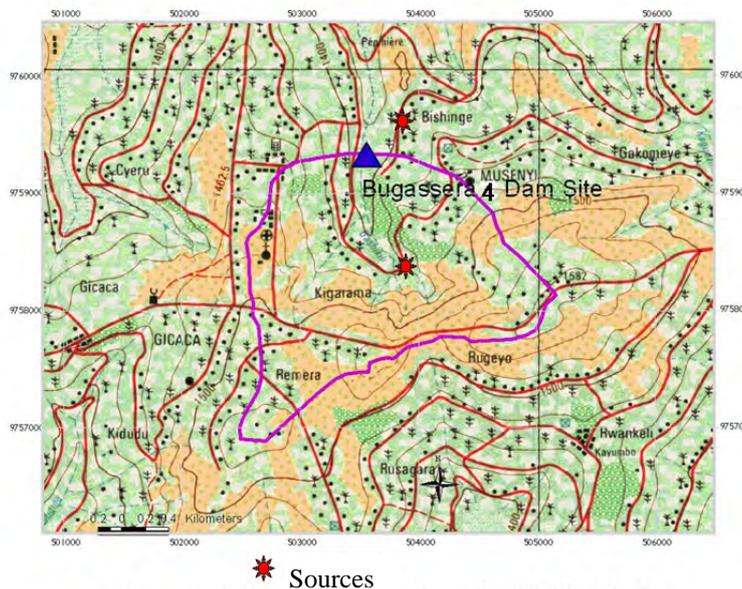


Figure 2.1.10 Carte de localisation de Bugesera 4

### 2) Géologie

La fondation de roches de base est généralement en précambrien, et le site et ses environs sont couverts de roches métamorphiques comprenant principalement des micaschistes incluant du quartz. Sur les pentes des deux rives du réservoir, il y a des affleurements de micaschistes, fortement altérés. Ces roches forment une fondation en pente à la fois vers l'amont et l'aval, ce qui est considéré indiquer à la fois des joints et une surface discontinue. Les roches sont caractérisées par des veines de quartz traversant la roche mère et sont altérées hydrothermalement. Les roches mères sont largement couvertes de limon résiduel et fortement altérées jusqu'à une profondeur considérable.

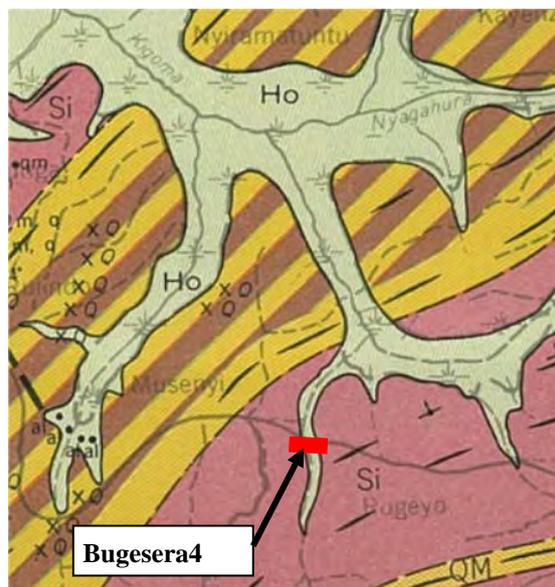


Figure 2.1.11 Carte géologique de Bugesera 4

### 3) Conditions socio-économiques

Le site du projet inclut les imidugudu de Bishinge, Gakurazo et Kijuli, secteur de Mesenyi, dans le district de Bugesera.

#### a. Population, structure familiale et nombre de foyers

D'après l'étude socio-économique menée par le MINAGRI, 64% des foyers de la zone sont dirigés par un homme et 36% par une femme. Le nombre moyen des membres d'une famille est de 5,1 personnes, et 61% des chefs de famille sont mariés, 27% sont des veufs ou veuves et 6% sont célibataires.

#### b. Structure agricole

81% des agriculteurs sont propriétaires terriens, mais seulement 3% d'entre eux ont un certificat. Des terres agricoles sont allouées à 16% des agriculteurs par le gouvernement, mais ils n'ont pas le droit de les vendre. D'après le rapport LWH, il n'y a pas de maison dans la zone du réservoir, mais 3 maisons proches du réservoir doivent être déplacées.

#### c. Taille des terres

La surface moyenne des terres agricoles par famille est de 1,5 ha, mais 18% des foyers ont moins de 0,5 ha, 31% possèdent de 0,5 à 1,5 ha, et 51% de 2 à 4,5 ha. Par ailleurs, 27% des familles possèdent des parcelles de terres ailleurs, avec une taille de ferme moyenne de 0,25 ha, et 12% complètent encore leur production agricole avec la location de terres, d'une taille moyenne de 0,04 ha.

#### d. Utilisation des sols

Les terres dans la zone concernée sont utilisées pour la culture du manioc, du sorgho, du maïs et d'autres cultures en hautes terres, il n'y a pas de rizières. Il y a une forêt d'eucalyptus en aval de l'axe de barrage proposé.

#### e. Vie communautaire

Aucun foyer n'utilise l'électricité, et le bois de feu est utilisé comme combustible et le kérosène pour l'éclairage par la plupart des foyers. Il y a des sources d'eau respectivement en amont et en aval du site, que beaucoup d'habitants de la zone utilisent pour l'eau potable. La source en amont a été améliorée par une ONG et les habitants boivent l'eau bouillie. Les membres de 70% des foyers ont au moins une éducation de base, 52% ayant suivi une certaine éducation primaire, et 9% ayant atteint le niveau du collège; 30% des chefs de famille n'ont pas suivi d'études régulières.

f. Pratique de l'agriculture

Les agriculteurs de la zone pratiquent des cultures diverses. Les principales cultures sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Les haricots et le manioc sont cultivés par beaucoup d'agriculteurs, puis l'arachide et le sorgho. Certaines contraintes empêchent les agriculteurs d'atteindre les rendements optimums. Elles incluent le manque d'eau pendant la saison de croissance, suite aux précipitations insuffisantes pendant la saison des pluies et la sécheresse après la saison des pluies, provoquant l'assèchement des cultures avant maturité, des insectes nuisibles et maladies, des ressources de rétablissement de la fertilité du sol inadéquates et de mauvaises pratiques de gestion des cultures.

**Tableau 2.1.27 Principales cultures à Bugesera 4**

Agriculteurs à étudier (nombre de réponses effectives)	Pourcentage d'agriculteurs par type de culture (%)								
	Haricots	Manioc	Arachide	Sorgho	Cultures commerciales	Maïs	Patate douce	Pomme de terre	Autres cultures
33 Households	97%	97%	73%	67%	58%	48%	45%	27%	<24%

Source: "Etude détaillée et étude de conception – Volume 4-5 Bugesera – 4: Conditions socioéconomiques", MINAGRI 2008

Le marché de village le plus proche du site du projet, qui pourrait servir de débouché aux produits des agriculteurs qui peuvent ne pas satisfaire les plus hautes exigences de qualité/grade des acheteurs, est le marché de Musenyi, situé à environ 1 km du site du projet, puis le marché de Gichacha situé à environ 2 km. La route vers ces marchés est une route de terre pavée, dont l'état est jugé bon jusqu'au marché de Musenyi et mauvais jusqu'au marché de Gichacha.

g. Revenu des familles d'agriculteurs

Le revenu annuel moyen brut des familles dans la zone du projet est de 199.419 RWF, obtenu de sources diverses. Le revenu des ventes des produits agricoles est le plus élevé, suivi par les affaires, et les ventes de bétail/produits.

h. Organisations des agriculteurs

59% des agriculteurs sont membres de groupes, et 85% appartiennent à des associations d'agriculteurs dont les principales fonctions sont la production agricole, la commercialisation des produits, ou l'épargne et le crédit. L'estimation de la volonté des agriculteurs à devenir membres de groupes de commercialisation des produits est étonnante, parce que 82% des agriculteurs ont indiqué leur souhait de devenir membres.

## 2.1.2 Planification pour chaque site de barrage

### (1) Bugesera2Gashora

#### 1) Site

Le rapport de conception détaillée pour le site LWH Bugesera 3 a pu être obtenu par l'étude sur le terrain et il a été confirmé que ces données de base pour Bugesera 2 étaient très similaires à celles pour Bugesera 3, parce que les n°2 et 3 sont situés à proximité l'un de l'autre. De plus, le captage pour n°2 s'étend par-delà la route principale, incluant la forêt appartenant au Département militaire, comme pour N°3. Ainsi, après consultation du responsable en charge du Secteur, il a été décidé que le corps du barrage serait situé en dehors de la zone militaire et que le niveau de plein d'eau du réservoir n'atteindrait pas ladite zone militaire.

Pour le site Bugesera 3, le réservoir est situé en aval de la route, de sorte que l'eau stockée n'affectera pas la zone militaire. Le captage n'est pas très grand, mais l'axe du barrage sera fixé à un emplacement où il ne permettra pas que l'eau atteigne la zone militaire, mais en considérant la hauteur de la crête du barrage et le niveau d'eau du réservoir pour la capacité de stockage maximum possible.



Figure 2.1.12 Emplacement de l'axe du barrage

#### 2) Sélection de l'axe du barrage

L'emplacement environ 400 m en aval de la route est jugé adapté pour l'axe du barrage parce qu'il provoquera un volume de levée du barrage moins important, compte tenu des conditions topographiques des deux rives, qui sont resserrées. Une poche de stockage moins profonde peut en résulter en amont. En aval de l'emplacement à 400 m, la rive droite est largement ouverte provoquant un volume de levée important. Plus en aval, la rive gauche est ouverte à la jonction avec l'aval de Bugesera 3. Plus en aval, le relief est une zone ouverte légèrement ondulée, inadaptée comme site de barrage.

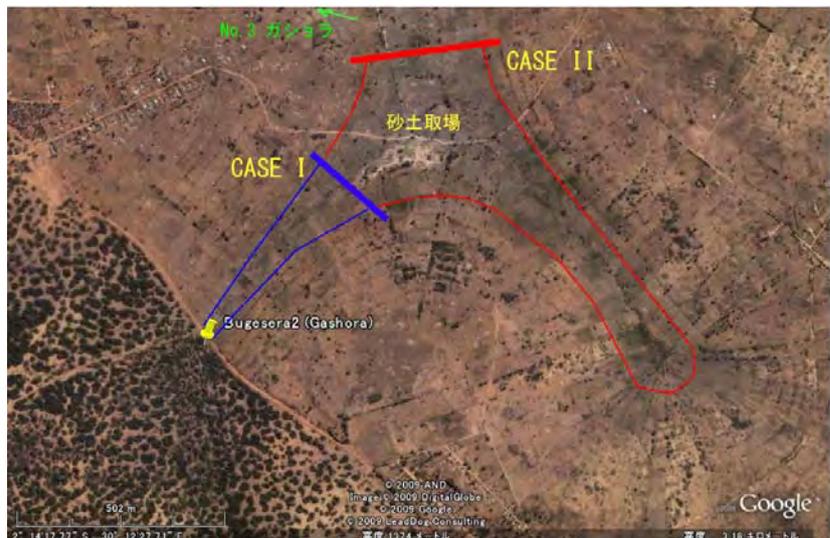


Figure 2.1.13 Emplacement de Bugesera 2 Cas I et Cas II

Il a été demandé pour cette planification que la capacité de stockage du réservoir soit définie aussi grande que possible, et pour cette raison, il est prévu de placer l'axe du barrage le plus en aval possible

dans les limites raisonnables de justification technique. C'est le cas pour le Cas I alternatif.

Alors que le Cas II est une alternative incluant la vallée du côté est, et vu que le plan a des faiblesses techniques importantes, le représentant du Secteur a aussi demandé à l'équipe d'étude de tenir compte de l'étude du Cas II. La complication des zones bénéficiaires a fait abandonner le plan suite à une étude minutieuse, et il a été décidé d'adopter le cas I compte tenu du concept de planification de LWH.

[Note technique 1: réf. Cas II alternatif pour l'axe de barrage]

i) Alternatives pour Bugesera 2

Sous le projet LWH, le barrage de Bugesera 2 est prévu dans le captage n°2 situé dans le voisinage du captage n°3 de Bugesera 3, pour lequel la conception détaillée a été terminée. Bien entendu, la capacité de stockage sera décidée sur la base de la taille du barrage, de la taille de la zone de captage, etc. et la zone bénéficiaire fixée conformément au plan d'irrigation. Le captage n°1 voisin du site de Bugesera 2 n'est pas cultivé comme la zone bénéficiaire, et si nécessaire, il peut être combiné avec Bugesera 2. Ce cas est une alternative du Cas 2 de Bugesera 2, où la capacité de stockage devient environ du double de celle de Bugesera 2.

ii) Bugesera 3

Bugesera 3 sous le projet LWH est prévu pour irriguer la zone bénéficiaire de la rive gauche s'étendant en aval depuis le point de jonction des captages N°1, 2 et 3. La zone bénéficiaire est d'un total de 55 ha. Le captage s'étend plus loin et atteint le Lac Rumira à environ 500 m.

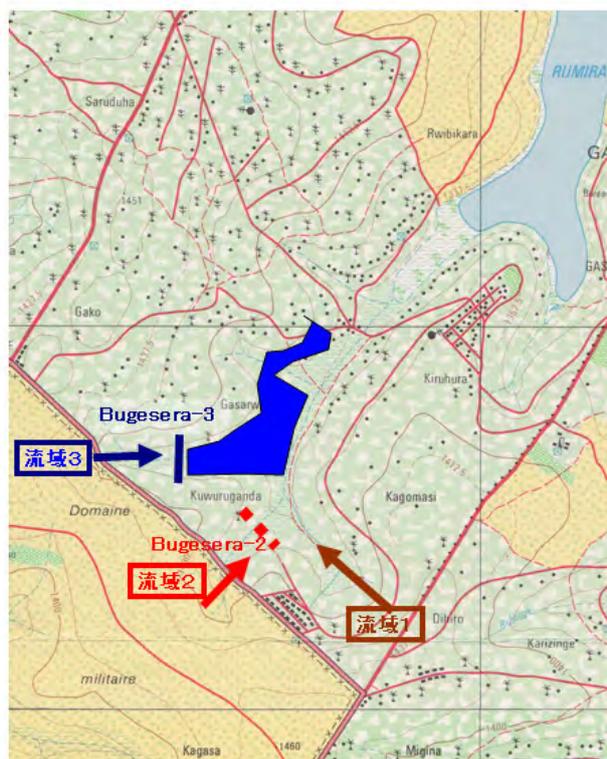


Figure 2.1.14 Zone de captage du bénéficiaire de Bugesera 2 et 3

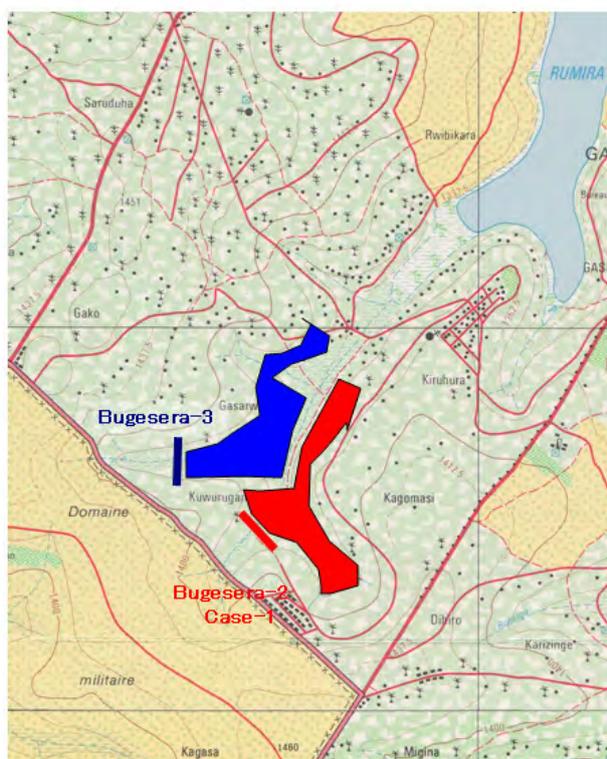


Figure 2.1.15 Zone de bénéficiaire de Bugesera 2 et 3

iii) Cas II original de Bugesera 2

Dans le cas original de Bugesera 2, il est possible d'inclure le captage n°1 en tant que zone bénéficiaire sur la rive opposée de Bugesera 3, et il est possible de le combiner à la zone bénéficiaire de la rive droite. La Figure 2.1.15 indique la disposition des zones bénéficiaires mentionnées.

iv) Cas II alternatif de Bugesera 2

L'examen du cas combinant le captage n°1 sous Bugesera 2 montre que la capacité de stockage serait environ du double de celle du plan d'origine, permettant d'augmenter la surface bénéficiaire comme indiqué sur la Figure 2.1.16. Comme le montre la Figure, la surface bénéficiaire ne peut pas être élargie suffisamment, même si elle est étendue jusqu'au Lac Rumira. Dans ce cas, on peut se demander si le plan peut assurer suffisamment de profits pour couvrir les frais de construction.

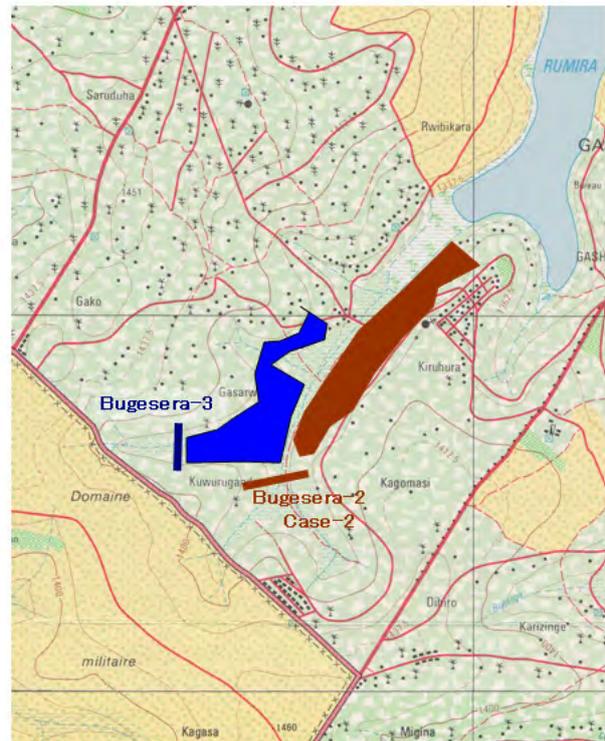


Figure 2.1.16 Zone de bénéficiaire de Bugesera 3 et Bugesera2 Cas II

Si le niveau du Lac Rumira pouvait être élevé par une méthode quelconque, le lac fonctionnerait en tant que bassin régulateur, et serait significatif pour assurer une capacité de stockage plus importante.

Dans les conditions actuelles, il n'y a pas d'avantage particulier à avoir un bassin régulateur, et Bugesera 2 est prévu avec le captage n°2 comme zone de drainage et le captage n°1 comme zone bénéficiaire.

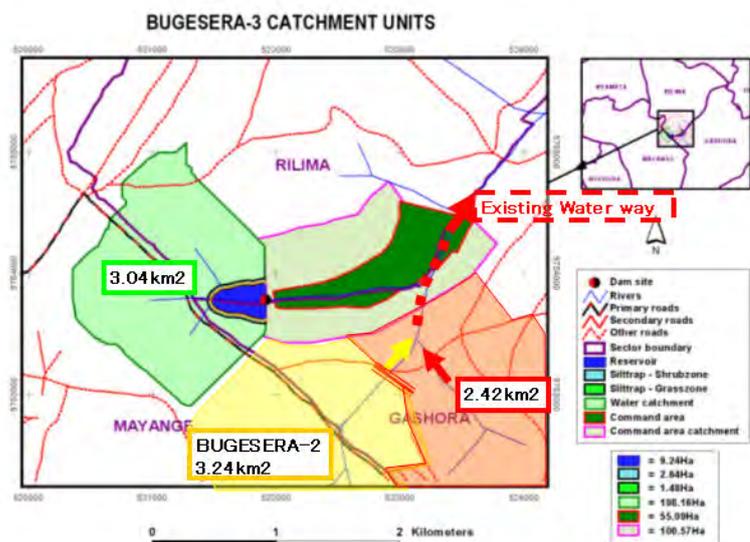


Figure 2.1.17 Emplacement de Bugesera 2 et 3

[Note technique 2: Ref. Transfert de la zone bénéficiaire de la rive droite le long du cours d'eau existant, Bugesera 3]

MINAGRI a demandé des plans qui n'affecteraient pas Bugesera 2 pour le projet LWH. Mais des effets

de la planification actuelle sur Bugesera 3 sont inévitables pour les raisons suivantes. Sous le projet LWH, l'eau d'inondation de Bugesera 2 Gashora et du captage voisin doit traverser la zone bénéficiaire de Bugesera 2 et des canalisations secondaires doivent être installées sur le lit de la rivière comme ouvrages d'irrigation. Dans ce cas, ladite eau d'inondation et les canalisations enterrées sous le lit de la rivière se croiseront. Même si Bugesera 2 Gashora était construit, le même croisement est possible provoquant des problèmes d'opération et maintenance dans l'avenir. (Selon le responsable MINAGRI qui a accompagné l'équipe d'étude, il est possible de modifier le plan pendant les travaux de construction de manière à transférer la zone bénéficiaire, aucun problème ne surviendra quand JICA procédera à l'exécution de Bugesera 2 Gashora comme vérifié.)

Par ailleurs, il est noté que l'eau du cours d'eau pourrait être assurée sans problème si la zone bénéficiaire était transférée comme indiqué sur la Figure 2.1.18.

Il est aussi noté que l'eau du cours d'eau pourrait être assurée sans problème si la zone bénéficiaire était transférée comme indiqué sur la figure suivante.

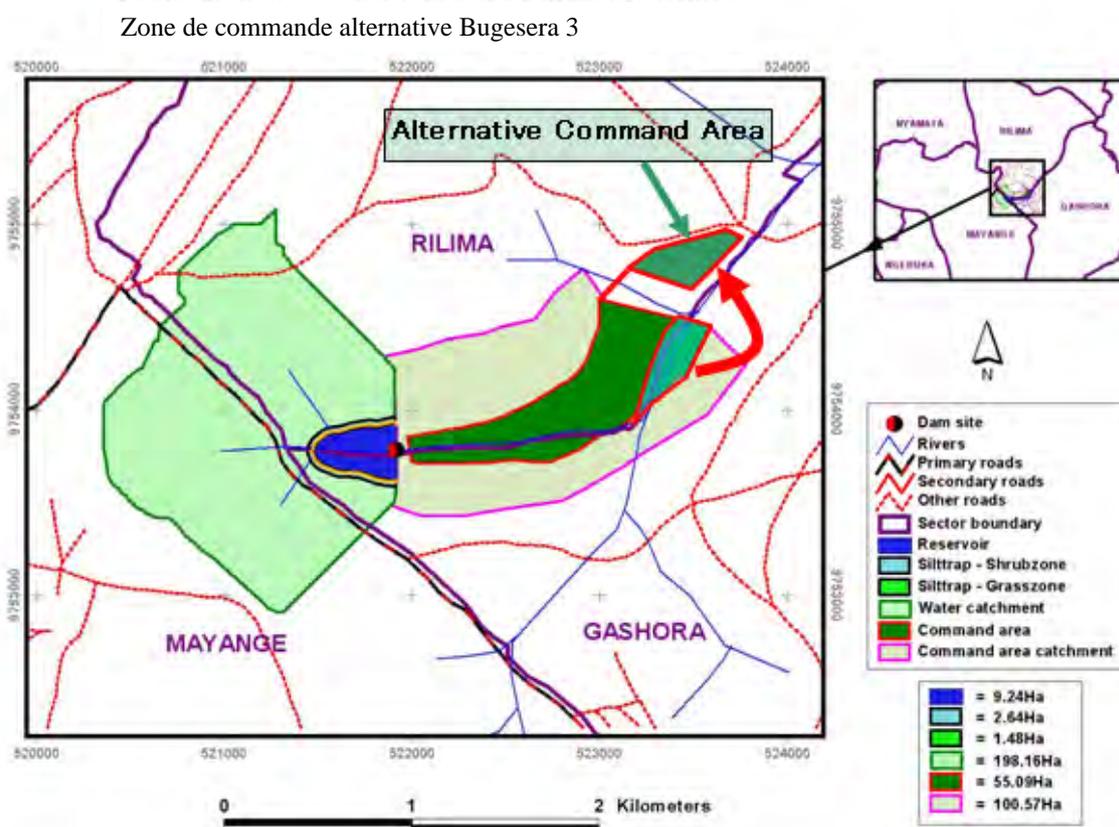


Figure 2.1.18 Alternative pour la zone bénéficiaire de Bugesera 3

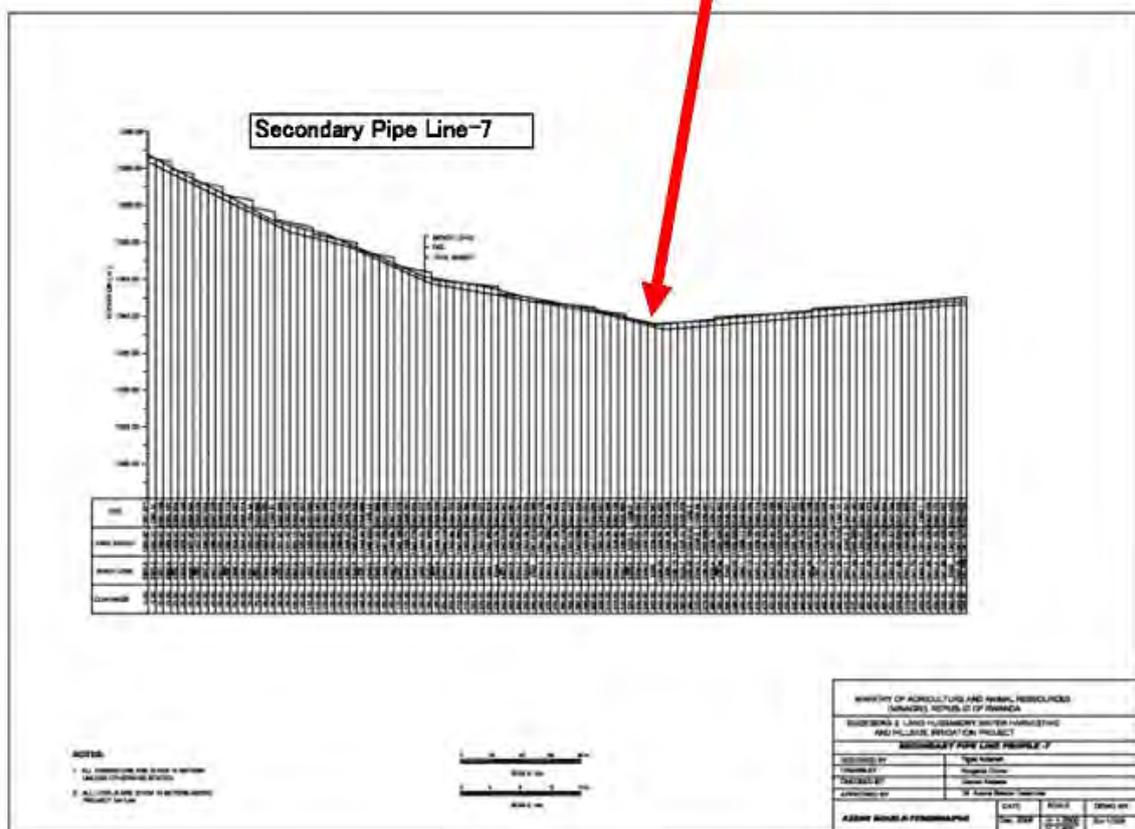
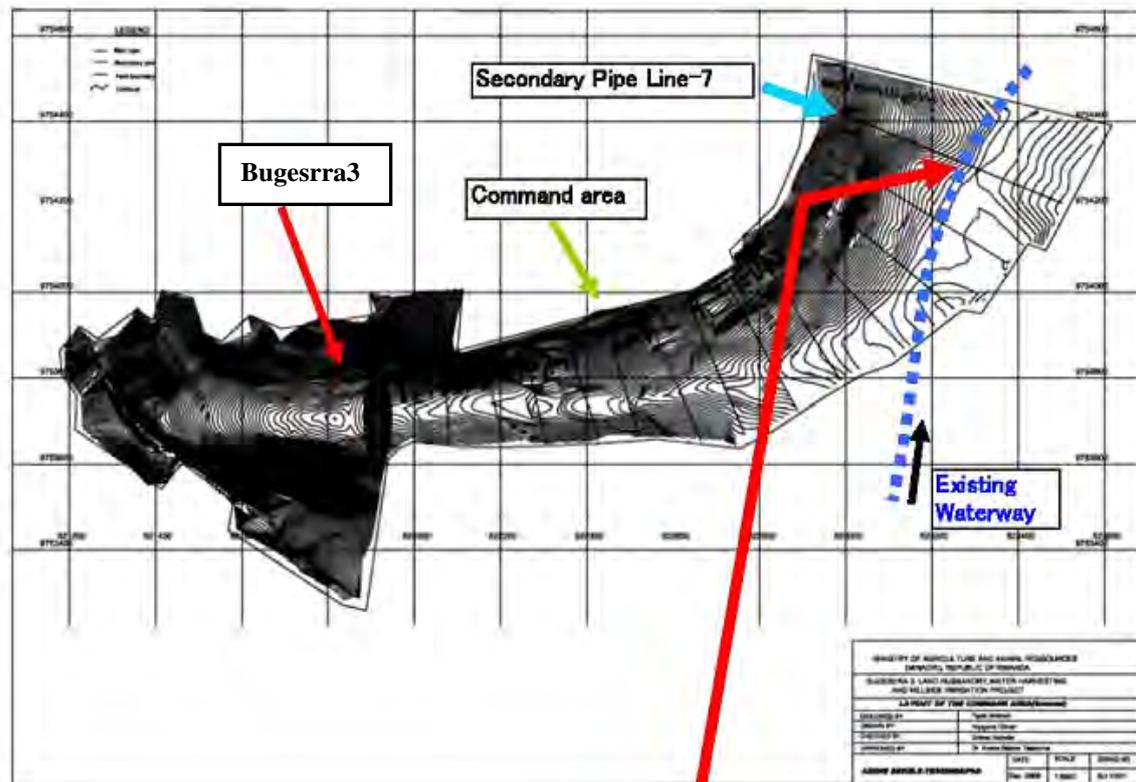


Figure 2.1.19 Emplacement du canal de drainage

Il est aussi à noter que Bugesera 3 a été inclus dans l'étude sur demande additionnelle du MINAGRI, après achèvement de l'étude sur le terrain et le retour de l'équipe d'étude au Japon. Comme Bugesera 3 doit être inclus dans l'étude suivante (concept de base) de la JICA, la solution pour l'élimination du problème et/ou la collaboration entre LWH et projet JICA en cours peut être atteinte en temps voulu.

### 3) Géologie

La géologie locale dans et autour du site du barrage est soutenue par une intrusion ignée de composition granitique et la fondation est une couche épaisse fortement altérée. Topographiquement, une rivière coule à travers la partie inférieure au centre de la vallée, mais l'eau de surface coule comme un cours d'eau saisonnier, c'est-à-dire pas toujours. Comme le montre la Figure 2.1.20, la carte géologique dans et autour de Bugesera 2 et 3, référée de la carte géologique établie par l'Institut géologique, Belgique, le lit de la rivière est couvert de dépôts alluvionnaires comme argile, sable et graviers.

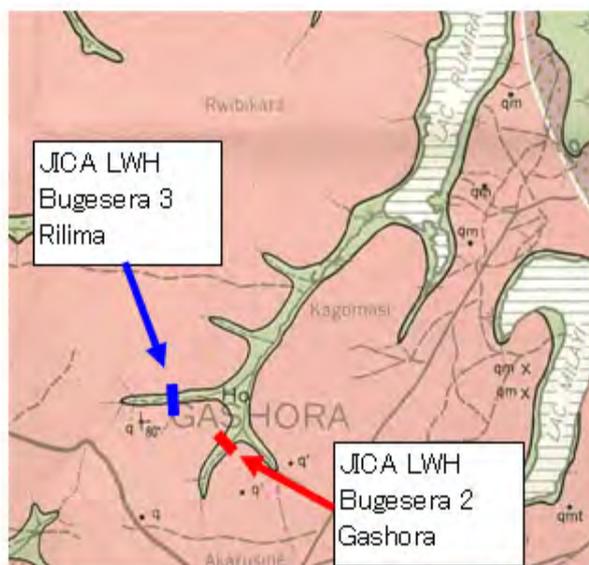


Figure 2.1.20 Carte géologique de Bugesera 2 et 3

Comme confirmé lors de l'étude sur le terrain, la couche superficielle des deux rives est couverte de sols dérivés de compositions granitiques altérées. Ce matériau est utilisable comme matériau imperméable pour la levée du barrage. Au centre de la vallée, il y a des terres basses, mais pas de rivière. La surface du sol est couverte de dépôts alluvionnaires très sablonneux. Pendant les inondations importantes, il peut y avoir un écoulement de surface, et le limon et l'argile peuvent s'écouler plus en aval. Au point de jonction en aval avec la vallée de la rive droite ouest, il n'y a pas d'écoulement de surface. La zone est couverte de sable, avec des puits d'emprunt de sable avec épaisseur de couche de sable de 3 m. La couche de sable est relativement dure, et sa perméabilité est jugée faible. Des graviers sont visibles sur les champs en amont sur les pentes. Ils sont riches en quartz dérivé des granites altérés, mais la quantité de graviers n'est pas importante. Des limons et sables altérés principalement d'origine granitique seront utilisés comme matériau pour la levée.

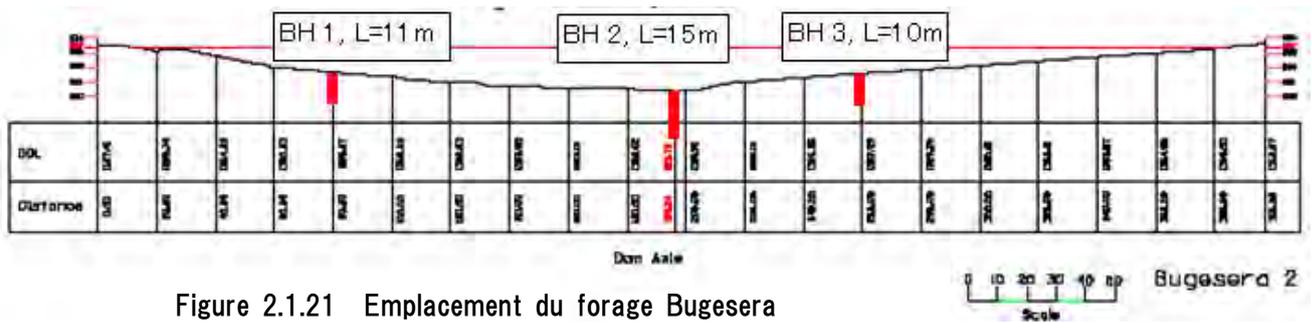


Figure 2.1.21 Emplacement du forage Bugesera

BH 1: De la surface à une profondeur de 3 m, du sol argileux mélangé de sable et gravier de couleur rouge brunâtre. Entre 3 et 11 m de profondeur, des grès altérés à valeur N supérieure à 50 (D'après les puits de recherche, le grès altéré est observé à 4 m de profondeur et plus.) Le test de perméabilité a montré 0-5 m : 1,5 Lugeon, 5-10 m : 1 Lugeon, ce qui confirme la fondation imperméable.

BH 2: De la surface à une profondeur de 7,5 m, du sol argileux mélangé de sable et de graviers de couleur jaune brunâtre. A 1,5 m de profondeur, la valeur N est de 12, à 4,5 m de 15 et à 6 m de 38. A plus de 7,5 m, du grès altéré à valeur N élevée de plus de 50. Le test de perméabilité a montré 0-5 m : 3,2 Lugeon, 5-10 m : 1 Lugeon, 10-15 m : imperméable avec moins de 1 Lugeon.

BH 3: De la surface à une profondeur de 4,5 m, sol argileux mélangé de gravier de couleur brun jaunâtre. A une profondeur de 1,5 m, la valeur N est de 17 et à 3 m de 58. A 4,5 m de profondeur et plus, grès altéré.

Comme le montrent les résultats de forages ci-dessus, les deux rives ont une fondation solide à 3 m de profondeur ou plus, et le lit de la rivière est solide à 6 m de profondeur ou plus. La fondation est jugée imperméable à environ 3 Lugeons ou moins, sous pression d'eau à 30 m, à une profondeur de 5 m de la surface. Le chemin de l'eau possible doit être pris en compte lors de l'excavation de découpes parce que la valeur N est seulement de 15 à 4,5 m de profondeur au lit de la rivière.

#### 4) Etude des matériaux pour la levée

Des puits de recherche ont été creusés sur les deux rives en amont de l'axe du barrage pour étudier la disponibilité de matériaux de levée dans la zone du réservoir. Des tests de laboratoire ont été menés sur les échantillons collectés et la possibilité de leur emploi comme matériaux principaux imperméable pour la levée de barrage a été étudiée.

Le résultat des tests a montré que le matériau pouvait être utilisé comme matériau principal imperméable.

Les matériaux testés sur les deux rives droite et gauche ont montré des résultats similaires, et sont utilisables comme matériau imperméable, sauf les matériaux du lit de la rivière. Le matériau

impermeable a une faible teneur en eau, et il faudra ajouter un peu d'eau lors de la construction de la levée.

5) Section longitudinale et plan de l'axe du barrage

La Figure suivante indique la section longitudinale et le plan de l'axe du barrage, les plus probables.

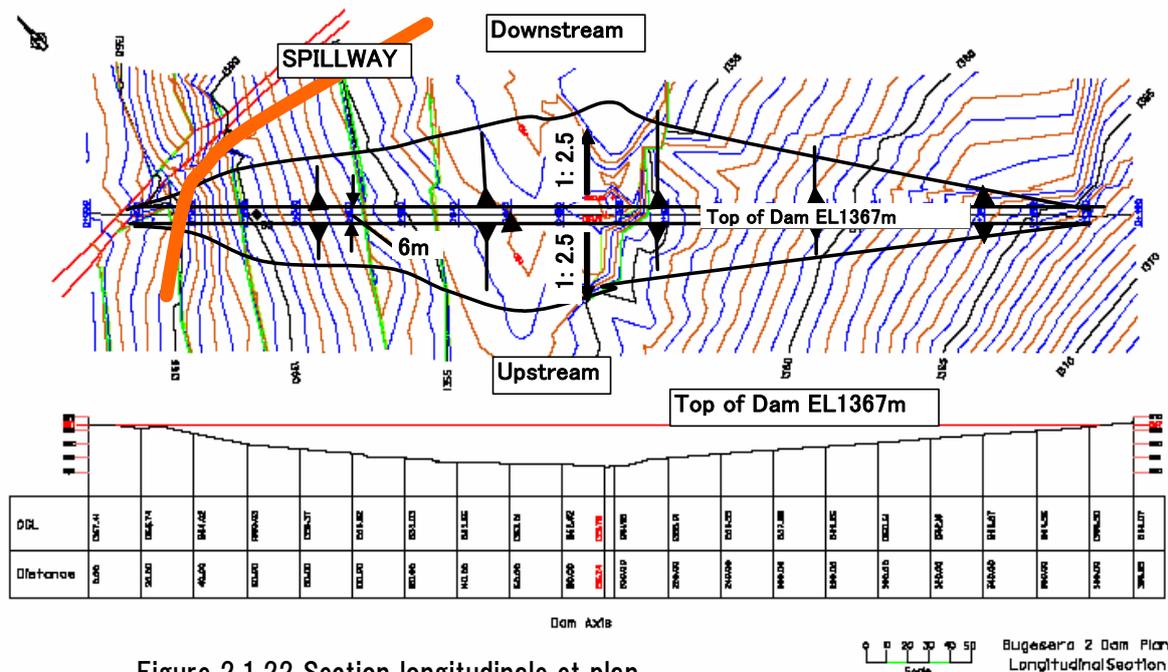


Figure 2.1.22 Section longitudinale et plan

6) Image du corps du barrage achevé et de ses environs

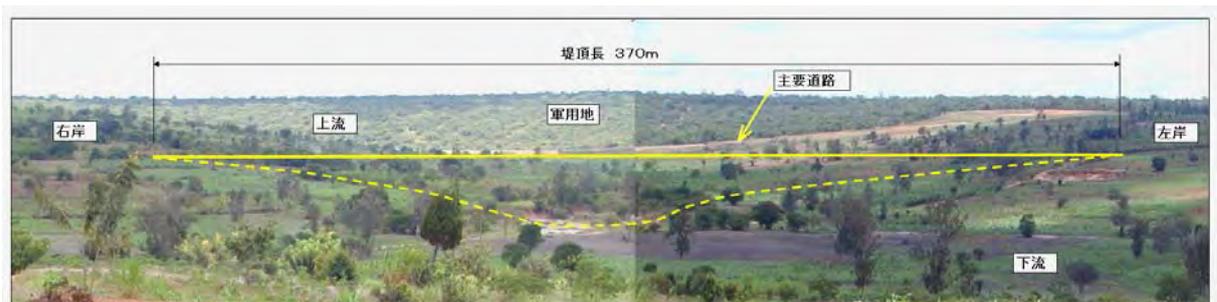


Figure 2.1.23 Image du corps du barrage achevé et de ses environs, Bugesera2

(2) Ngoma 21 Remera

1) Site

Le site est indiqué se trouver dans le secteur Remera 2 dans le rapport du projet LWH, mais en fait il se trouve dans le Secteur de Remera. L'équipe d'étude a confirmé l'emplacement par GPS et après confirmation du responsable chargé du site. Le nom du site est Remera, et non pas Remera 2 comme

confirmé, et Ngoma 22 Remera est appelé Rurenge comme confirmé par le responsable en charge du site. Il est apparu que le relief est relativement raide, avec des broussailles naturelles sur la rive droite, alors que sur la rive gauche, le terrain en pente douce est utilisé pour l'agriculture de montagne.

## 2) Sélection de l'axe du barrage

Il y a des sources sur le lit de la rivière, rive droite, immédiatement en aval de l'axe du barrage comme requis, qui servent de source d'eau aux habitants, avec des structures en béton avec tuyaux. Il y a un faible écoulement de surface de la rivière, qui ne s'assèche pas même pendant la saison sèche, d'après les informations obtenues sur le site. D'après les habitants, il y a eu des sources en amont d'environ 100 m et des rizières cultivées dans le passé, mais les champs sont abandonnés maintenant. Aux emplacements de source en amont indiqués, il n'y a pas d'ouvrage de prise et plus en amont, le relief devient raide

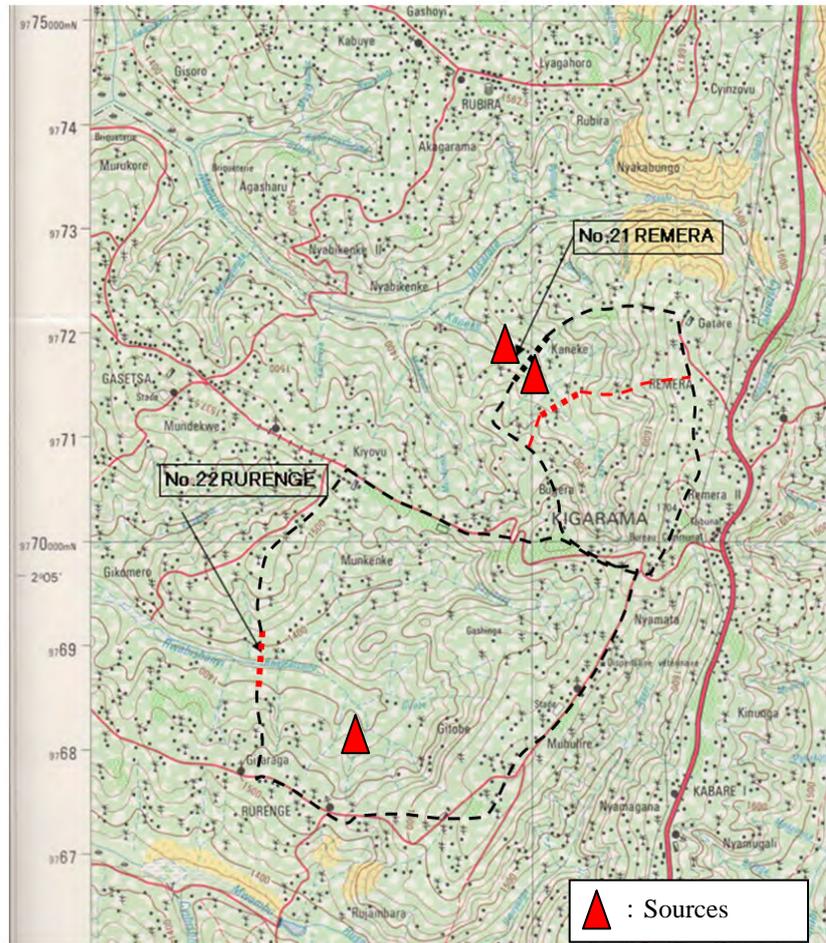


Figure 2.1.24 Zone de captage Ngoma 21 Remera et Ngoma 22 Rurenge

sans aucun cours d'eau de surface. A 180 m de l'axe de barrage requis, l'élévation du sol augmente de 10 m, ce qui implique une profondeur de stockage réduite de 10 m, aussi le site n'est pas jugé adapté à la construction d'un barrage. Il est aussi considéré que l'inclusion du site de source dans la zone du réservoir peut provoquer un flux inverse, ou bien l'eau stockée peut fuir par les sources à cause de la haute pression de l'eau stockée. Par conséquent, l'axe du barrage doit être placé en amont du site de sources en amont.

Le profil longitudinal de la vallée est assez raide, de 1/20, et un axe de barrage avec poche réservoir relativement bonne peut être trouvé à 580 m en amont de l'emplacement d'axe de barrage requis. Ce site laisse espérer une capacité de stockage de 442.000 m<sup>3</sup> avec hauteur de barrage de 16,6 m et longueur de crête de 400 m (si le matériau de levée est assuré dans la zone du réservoir). Dans le cas de l'axe de barrage requis, la longueur de crête est plus courte, de 370 m, mais à cause du relief, la capacité de stockage très inférieure à celle du nouveau site.

### 3) Géologie

La surface du sol, couverte de sols dérivés des granites altérés et de roches sédimentaires sablonneuses/boueuses, est considérée adaptée en cas d'utilisation des matériaux imperméables pris des sols granitiques altérés du contrefort de la rive gauche. Dans le lit de la rivière, il n'y a pas beaucoup de sable, et l'on peut considérer que les dépôts du lit de la rivière sont retenus à cause de la surface piézométrique plus élevée sur le site de puits de recherche sur la rive droite. Les matériaux de la zone fortement altérée peuvent être utilisés comme matériaux de levée imperméables. Bien que cela ne puisse pas être confirmé en cas de sol sablonneux, on peut trouver des petits graviers plus haut, ce qui laisse à penser que les matériaux de sols altérés sont originaires d'un conglomérat.

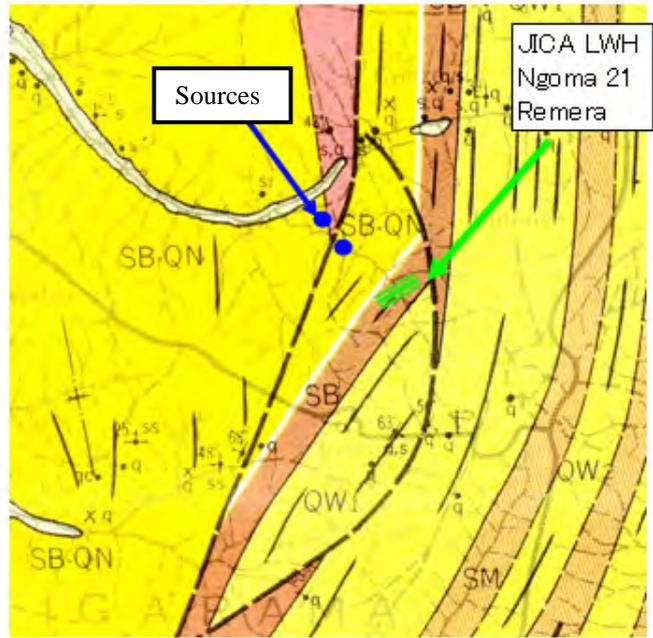


Figure 2.1.25 Géologie Ngoma 21

Pour les matériaux rocheux, le conglomérat et le granite sont considérés disponibles. Sur les bords des deux rives, des affleurements ont été trouvés et des matériaux rocheux sont disponibles pour la construction du barrage, mais une certaine distance de transport sera peut-être nécessaire.

Pour les matériaux rocheux, le conglomérat et le granite sont considérés disponibles. Sur les bords des deux rives, des affleurements ont été trouvés et des matériaux rocheux sont disponibles pour la construction du barrage, mais une certaine distance de transport sera peut-être nécessaire.

#### — Etude géologique à l'axe du barrage —

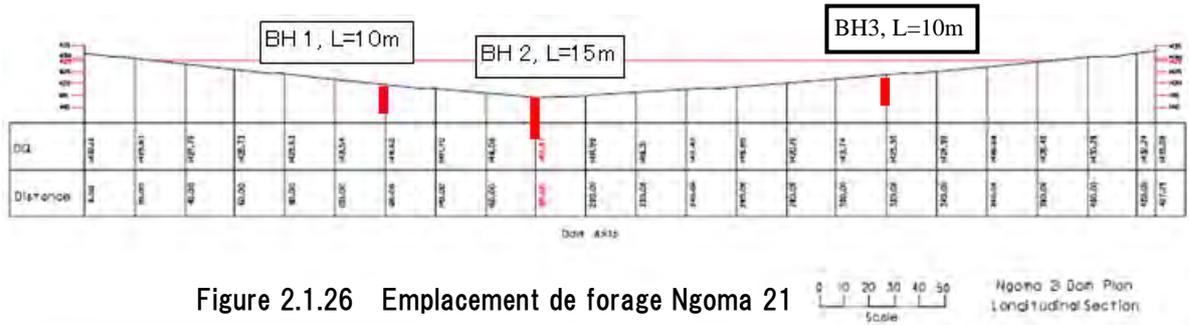


Figure 2.1.26 Emplacement de forage Ngoma 21

BH 1: De la surface à une profondeur de 7,5 m, argile limoneuse de couleur brun rougeâtre. Entre 7,5 m et 10 m, la couleur passe au gris jaunâtre (argile limoneuse mélangé de graviers). La valeur N est de 5 à 0-1,5 m, 12 à 3 m, 8 à 4,5 m, 21 à 7 m et 54 à 9 m. (Aux observations sur puits de recherche, le limon argileux et le sable mélangé de gravier ont été différents des résultats de l'étude par forage.)

BH 2: De la surface à une profondeur de 1,5 m, argile limoneuse brun sombre.

Entre 1,5 m et 9 m, argile limoneuse brun rougeâtre, et à partir de 9 m, tuf brun rougeâtre.

La valeur N est de 5 à 1,5 m, 12 à 3 m, 15 à 5 m, 20 à 7 m et de plus de 50 à 9 m.

La perméabilité est de 0,3 Lugion à 0-5 m, 27 Lugion à 5-10 m, et de 40 Lugion à 10-15 m.

BH 3: De la surface à 6 m de profondeur, argile limoneuse de couleur brun rougeâtre. De 6 à 10 m, argile peu plastique brun rougeâtre.

La valeur N est de 13 à 0-1,5 m, 17 à 3 m, 26 à 4,5 m, 36 à 6 m, 37 à 7 m et de 33 à 9 m.

La perméabilité est de 1,5 Lugion à 0-5 m, et de moins d'1 Lugion à 5-10 m.

Il est jugé que si la valeur N du sol argileux est de 12 à 3 m de profondeur, il n'y a pas de problème de sécurité pour la fondation d'un barrage homogène de 16 m de hauteur.

Aux deux contreforts, les inclinaisons topographiques sont faibles, avec les mêmes résultats sur la rive gauche et le lit de la rivière. On peut les considérer comme des sédiments secondaires des roches altérées aussi, avec pour le lit de rivière, argile limoneuse à roches altérées sans mélange de gravier, mais pour la rive gauche, avec mélange de gravier. Les roches altérées peuvent être trouvés à 9 m de profondeur au lit de rivière, mais il est possible que la ligne de surface des roches ne soit pas élevée des côtés contreforts. Dans la partie lit de rivière, la base de la coupe peut être fixée à 4,5 m de profondeur.

Selon le test de perméabilité, au lit de la rivière, la fondation est imperméable jusqu'à 5 m de profondeur, mais perméable au-dessous de 5 m. Si l'eau de retenue n'affecte pas directement la zone perméable, le réservoir peut être construit. Mais son impact sur la zone en amont devra être surveillé. D'autre part, il est important que le réservoir soit conçu de sorte que le recoupement se trouve dans la profondeur de la fondation imperméable fine et que l'épaisseur de la fondation imperméable restante soit assurée. Il est donc recommandé de placer une couverture imperméable en amont de la levée pour assurer le contrôle du suintage.

Une étude géologique additionnelle est requise: deux forages dans le lit de la rivière et un 25 m en amont de l'axe du barrage et un à 50 m de l'axe du forage, 4 forages au total (10 m x 4 = 40 m).

Le test de perméabilité par section courte (1 m chaque) est requis pour saisir en détail la zone de haute perméabilité dans la fondation. Une pompe de grande capacité est requise pour mesurer précisément.

#### 4) Etude des matériaux de levée

Il est prévu que les matériaux de levée soient pris dans la zone du réservoir, et que des puits de recherche soit placés sur les deux rives en amont de l'axe du barrage. Des tests en laboratoire seront menés sur les échantillons collectés pour étudier la possibilité de leur emploi comme matériau principal imperméable pour la levée du barrage.

Le résultat des tests a montré que le matériau pouvait être utilisé comme matériau principal imperméable.

Les matériaux testés pour les deux rives droite et gauche ont donné un résultat similaire et sont utilisables comme matériau imperméable, sauf ceux du lit de la rivière.

#### 5) Section longitudinale et plan de l'axe du barrage

La figure suivante indique la section longitudinale et le plan de l'axe du barrage jugés les plus probables d'après les résultats d'étude actuels.

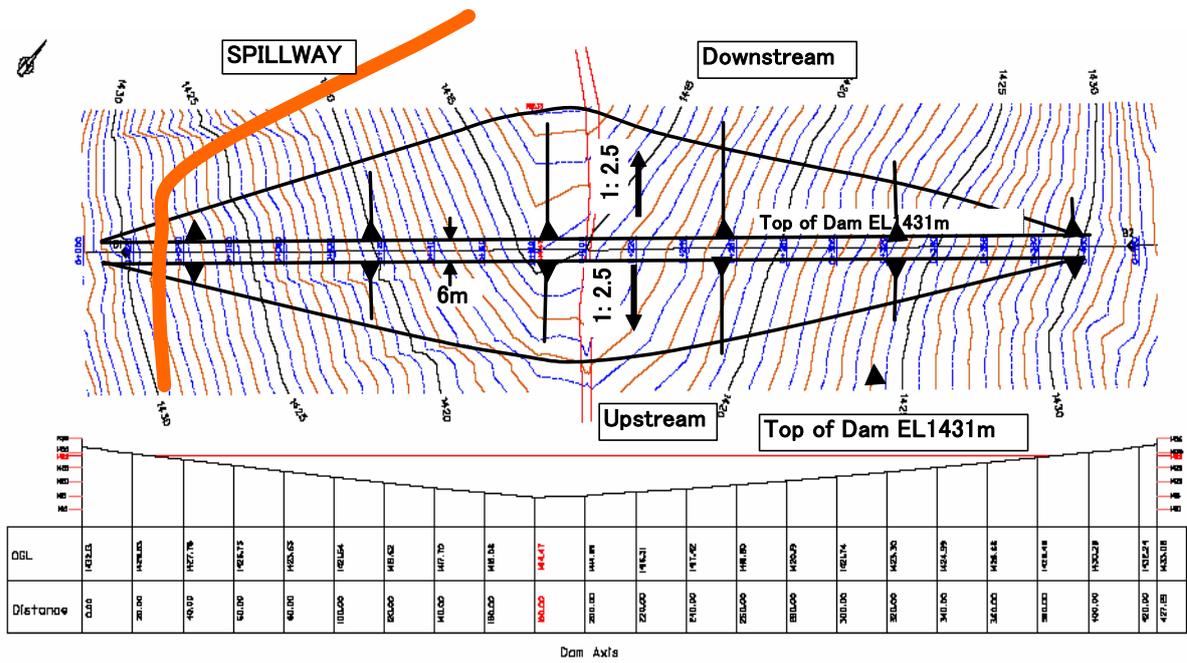
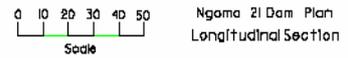


Figure 2.1.27 Section longitudinale et plan Ngoma 21



6) Image du corps du barrage achevé et des environs

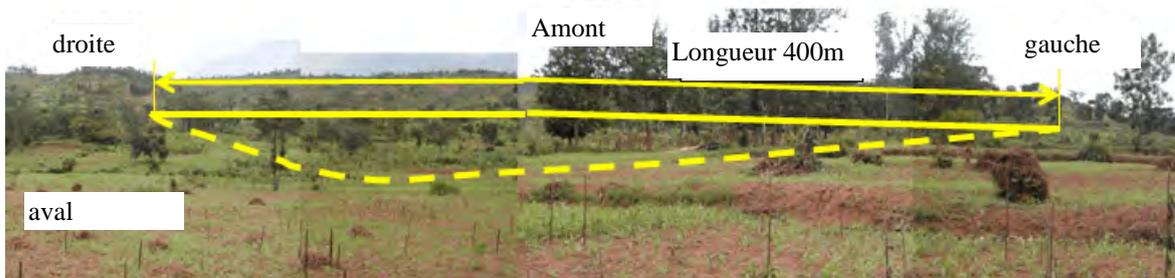


Figure 2.1.28 Image de barrage achevé et environs, Ngoma 21

### (3) Ngoma22 Rurenge

#### 1) Site

Le site de Rurenge indiqué dans le rapport LWH est en fait un site différent. L'équipe d'étude a donc fixé l'emplacement correct en le confirmant auprès du responsable en charge du site et par GPS. Il a été finalement confirmé que la rive droite du site est Remera et la rive gauche Rurenge.

Pour ce site, les deux rives sont des champs de montagne en pente relativement douce. Au-dessus de la rivière voisine de l'axe de barrage requis se trouve un pont en caisson. Il y a quelques années, un plan pour assurer la traversée des routes de rive à cet emplacement a été établi, mais il n'a pas beaucoup progressé. La rivière large de seulement 1 m a un écoulement de surface, et ne disparaît pas même pendant la saison sèche selon les habitants. A environ 1.140 m en amont de l'axe de barrage requis, des sources existantes sont équipées d'ouvrages de prise avec tuyaux pour les habitants.

Même après l'achèvement de la construction du barrage, les ouvrages de prise d'eau concernés seront pleinement utilisés par les habitants; aussi le niveau d'eau plein du réservoir doit-il être fixé plus bas que la prise d'eau. Dans ce cas, il est recommandé de fixer le niveau d'eau plein à l'élévation 1366 m, 1 m plus bas que la crête de l'ouvrage de prise confirmée à 1367 m, afin d'éviter l'effet négatif indiqué ci-dessus.



#### 2) Sélection de l'axe du barrage

L'axe de barrage requis où topographiquement, les deux rives sont resserrées et il semble possible de sélectionner un axe de barrage pour obtenir un volume de levée de barrage minimum. La structure en caisson existant dans la zone de l'axe du barrage sera éliminée et la crête du barrage sera utilisée comme ouvrage de substitution pour connecter les deux rives.

#### 3) Géologie

La surface du sol au site est considérée dérivée de l'altération de granites et/ou roches sédimentaires

sablonneuses/boueuses, et la zone de granites altérés sur le contrefort gauche est jugée utilisable comme matériau imperméable pour la levée du barrage. Il n'y a pas beaucoup de sable sur le lit de la rivière, et les observations aux puits de recherche font penser qu'il existe des dépôts argileux retenus sur le lit de la rivière. Une couche peu profonde de micaschistes sablonneux/boueux altérés a été trouvée au contrefort de la rive droite. Des matériaux rocheux sont trouvables dans la zone en pente raide voisine. Des affleurements rocheux sont visibles ici et là sur les deux bords des rives.

—Etude géologique à l'axe du barrage—

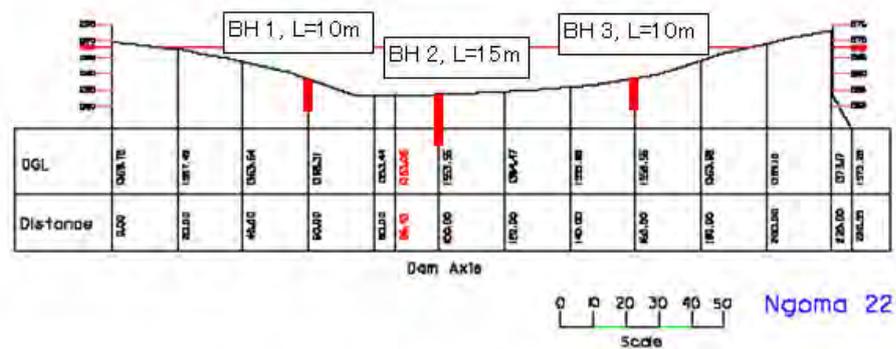


Figure 2.1.29 Emplacement des forages

BH 1: De la surface à une profondeur de 6m, argile peu plastique brun rougeâtre. De 6 à 7 m et de 7,8 m à 9 m, argile peu plastique brun jaunâtre. Argile peu plastique brun grisâtre au-dessous de 10 m.

Valeur N de 7 à 1, 5m de profondeur, de 8 à 3 m, de 12 à 4,5 m, de 12 à 6m, de 21 à 7 m et de 54 à 9 m. Perméabilité inférieure à 3 Lugion à 0-5 m, et inférieure à 2 Lugion à 5-10 m.

BH2: De la surface à une profondeur de 3 m, argile grise sombre avec sable. De 3 à 10 m, granite grossièrement fragmenté. De 10 à 11,5 m, basalte à grains grossiers. De 11,5 à 15 m, granite très altéré rougeâtre.

Valeur N de 4 à 1, 5m de profondeur, au-dessous de 3 m, de plus de 50.

Perméabilité inférieure à 7 Lugion à 0-5 m, inférieure à 4 Lugion à 5-10 m, et inférieure à 4 à 10 -15 m.

BH3: De la surface à une profondeur de 1,5 m, argile brune sombre avec sable. De 1,5 à 4,5 m, argile brun jaunâtre. De 4,5 à 7,5 m, argile brune sombre. A plus de 7,5 m, argile peu plastique brun rougeâtre.

Valeur N de 8 à 1, 5m de profondeur, de 9 à 3 m, de 33 à 6 m et de 70 à 7,5 m.

Perméabilité inférieure à 2 Lugion à 0-5 m, inférieure à 1 Lugion à 5-10 m.

La perméabilité du lit de la rivière est inférieure à 4 à une profondeur supérieure à 5 m. La valeur en Lugion du contrefort du côté gauche est inférieure à 3 et l'épaisseur de la couche imperméable devrait être de plus de 10 m.

#### 4) Matériaux de levée

Des puits de recherche ont été réalisés sur les deux berges en amont de l'axe du barrage pour obtenir les matériaux de levée dans la zone du réservoir. Des tests de laboratoire ont été menés sur les échantillons collectés pour étudier la possibilité de les utiliser comme matériau principal imperméable pour la levée

du barrage.

Le résultat des tests a montré que le matériau pouvait être utilisé comme matériau principal imperméable.

Dans ce cas, les conditions sont différentes sur les rives droite et gauche. Sur la rive droite, la couche de sol argileux s'étend jusqu'à une profondeur de 5 m, alors sur la rive gauche la teneur en humidité naturelle est plus élevée, avec mélange de gravier et une fondation rocheuse altérée à plus de 5 m. Dans ce cas, il est préférable de placer le puits de recherche sur la rive gauche.

5) Section longitudinal et plan de l'axe du barrage

La figure suivante indique la section longitudinale et le plan de l'axe du barrage jugés les plus probables d'après les résultats de la présente étude.

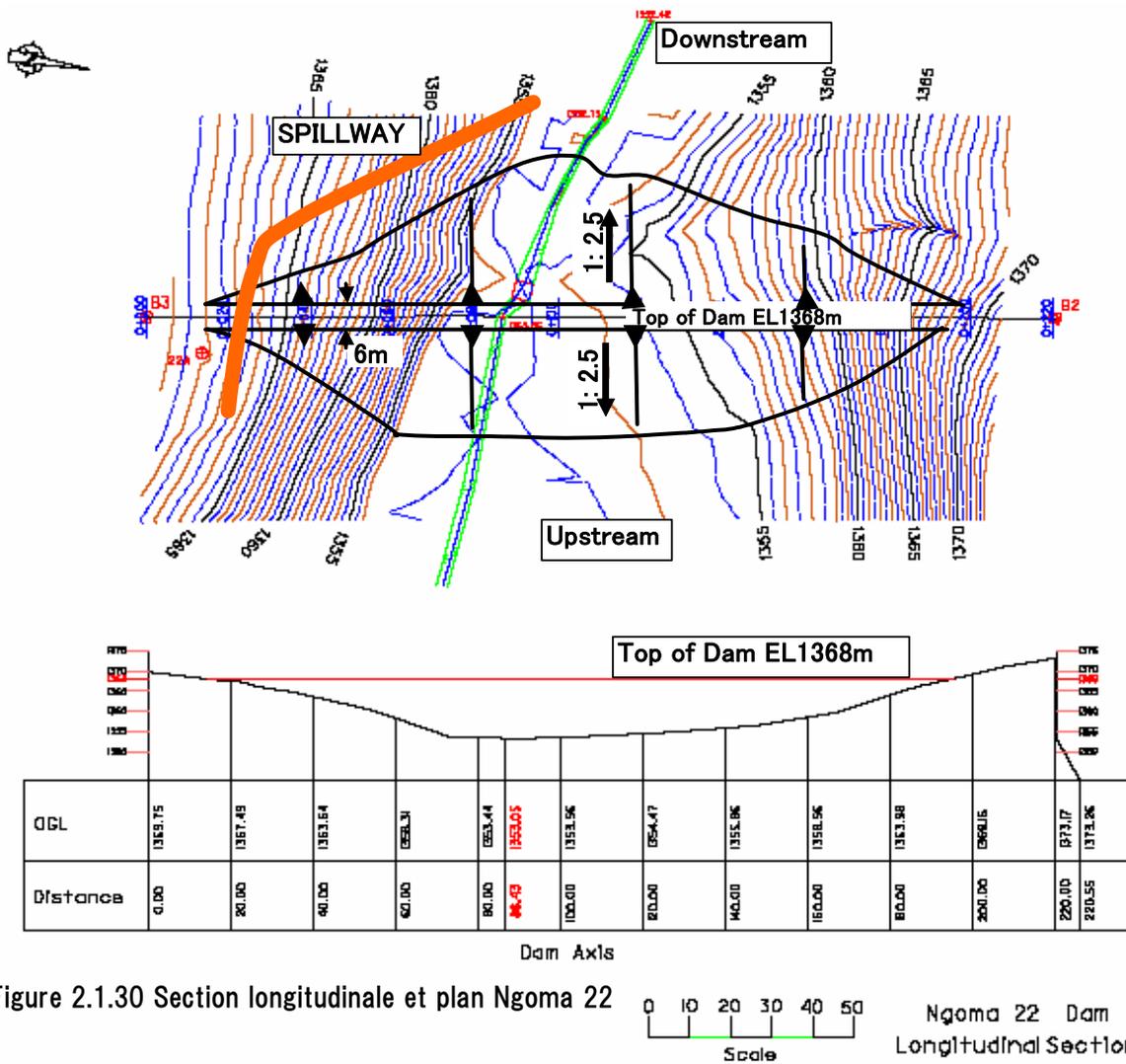


Figure 2.1.30 Section longitudinale et plan Ngoma 22

6) Image du corps du barrage achevé

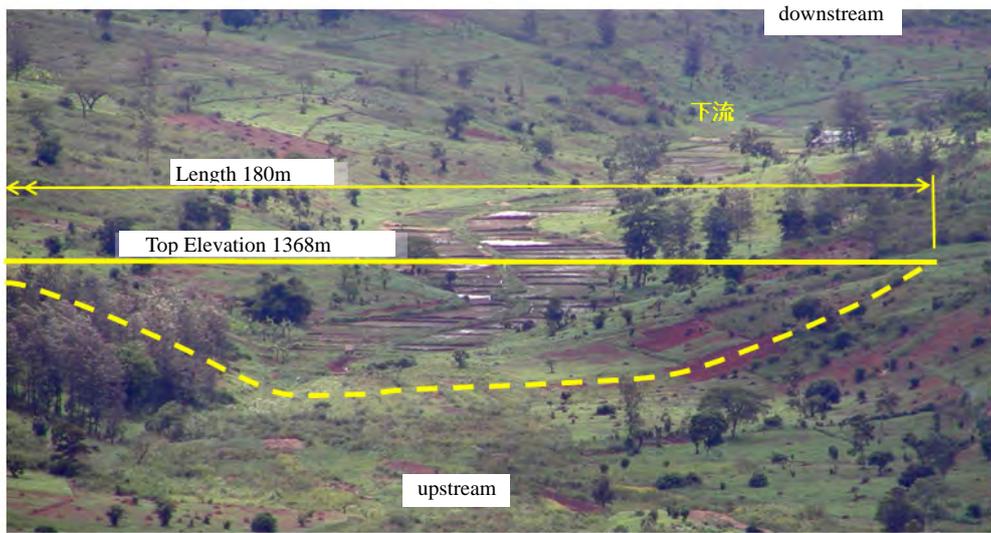
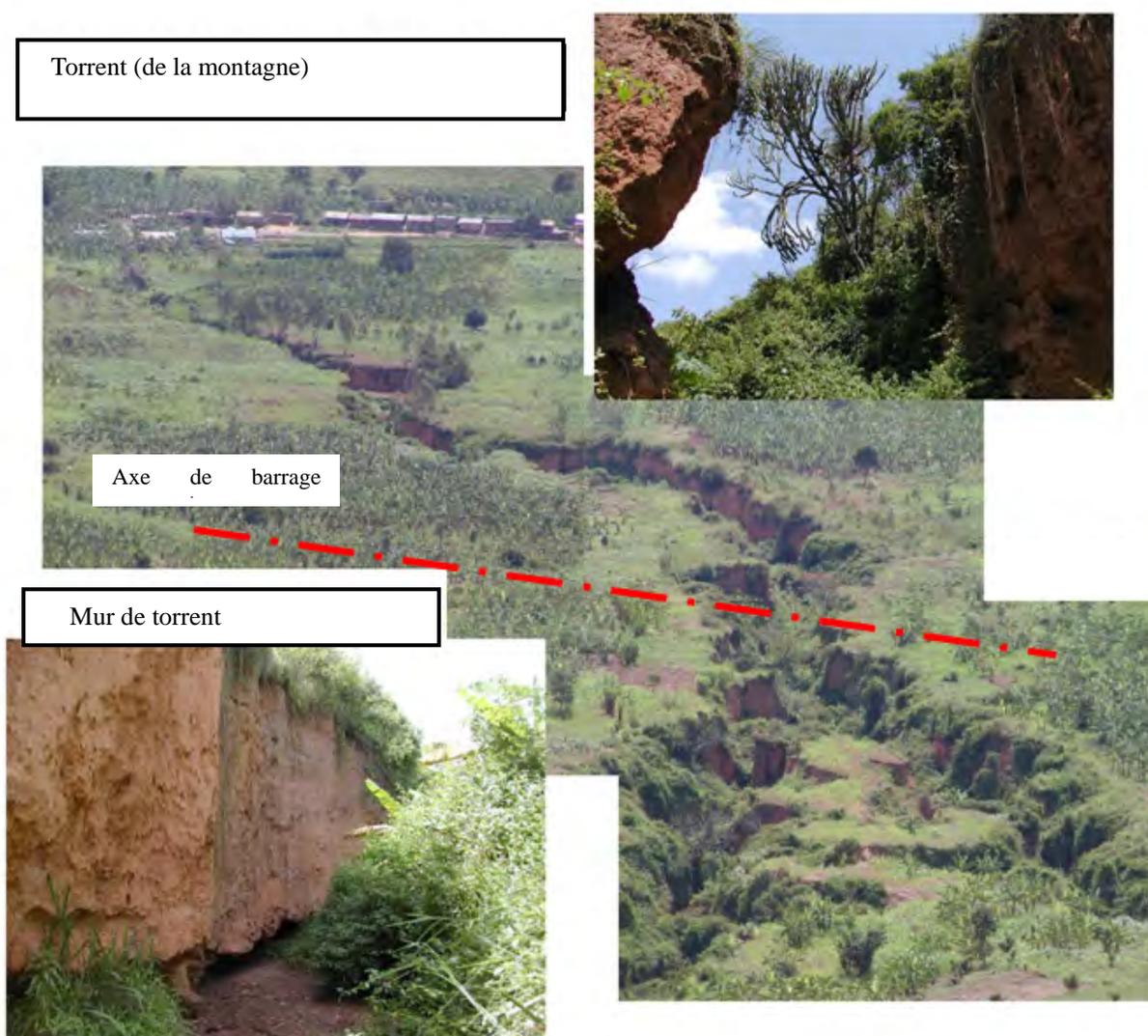


Figure 2.1.31 Image du corps du barrage achevé

#### (4) Gatsibo31 Rugarama

##### 1) Site

3 torrents (ravins) avec en arrière-plan des montagnes raides se rejoignent aux environs du site requis et s'écoulent alors en un seul torrent. Comme il s'agit de torrents, les deux rives sont des escarpements et la section n'est pas adaptée à la construction d'un barrage. La différence d'élévation entre le sol plat de la rive et la surface du lit de la rivière (pas d'écoulement d'eau, mais sable et graviers visibles) est estimée à environ 15 m, et si le terrain plat des deux rives est utilisé comme zone réservoir, le hauteur du barrage sera de 15 m minimum. Plusieurs crêtes basses s'étendant sur les deux rives ont été trouvées, et si l'axe du barrage est prévu pour entrer au contact de ces crêtes, la construction du barrage peut être possible; mais une grande attention devra être donnée à la différence possible d'affaissement de la partie du corps du barrage à l'intérieur du torrent et la transition de connexion au corps du barrage du terrain plat de la rive.



Torrent de Gatsibo 31 Rugarama

En amont, les deux rives sont étroites et dangereuses à cause de la possibilité d'effondrement (des

sédiments à cavités sont déposés aux canalisations existantes en aval). Si le corps du barrage traverse le torrent, il sera nécessaire de construire un barrage après excavation des deux rives à une pente plus douce que 1:1,0. Pour la partir transition, une pente plus douce doit être aménagée pour éviter les changements brusques d'ampleur d'affaissement après la construction de la levée du barrage.

Le torrent précité descend graduellement, la taille de sa section diminuant, et change de direction avant de traverser la route, puis descend encore vers le nord le long de la route. Après une descente de 700 m, le torrent passe sous la route par caissons (tuyau ondulé triangulaire, 1 m (H) x 1,5 m l). Après le passage, il n'y a pas de cours d'eau aux environs. Pendant la période d'inondation, l'eau drainée incluant du limon et du sable pénètre dans les rizières, y provoquant la fixation des plants de riz et des dépôts de sol et sable importants. Les agriculteurs riziculteurs bénéficiaires ont demandé des contre-mesures possibles seules pour le barrage de Gatsibo 31, pour la protection contre les dépôts de limon et de sable, parce que l'eau d'irrigation pourrait être totalement fournie par un autre barrage (RSSP-LWH Gatsibo 32).

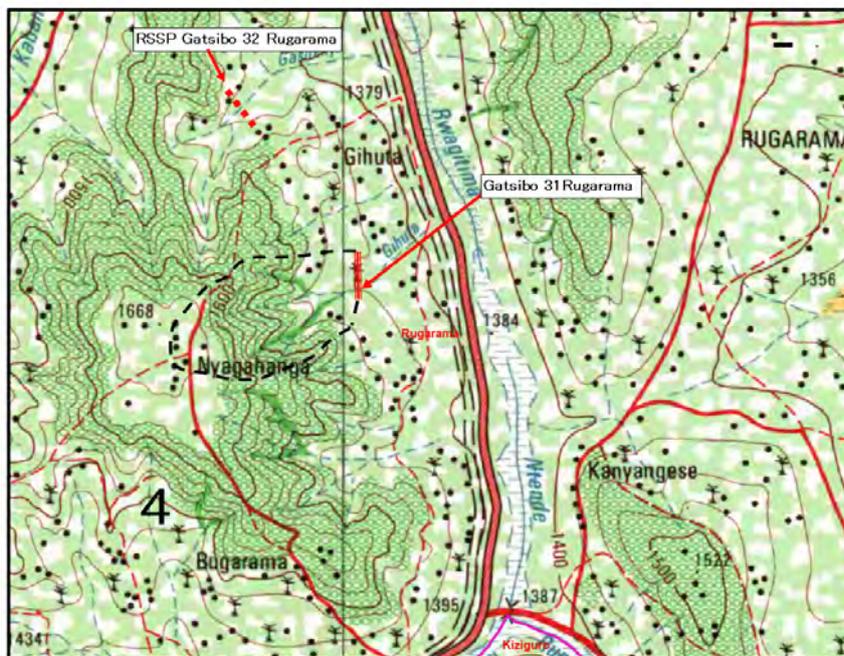


Figure 2.1.32 Carte d' emplacement Gatsibo 31 Rugarama

Les agriculteurs riziculteurs bénéficiaires ont demandé des contre-mesures possibles seules pour le barrage de Gatsibo 31, pour la protection contre les dépôts de limon et de sable, parce que l'eau d'irrigation pourrait être totalement fournie par un autre barrage (RSSP-LWH Gatsibo 32). Selon le rapport de conception détaillée sous LWH, RSSP-LWH Gatsibo 32 prendra plus de 50% de la zone de captage de Gatsibo 31, et MINAGRI a abandonné le plan pour Gatsibo 31 après la reconnaissance sur le terrain de la JICA.

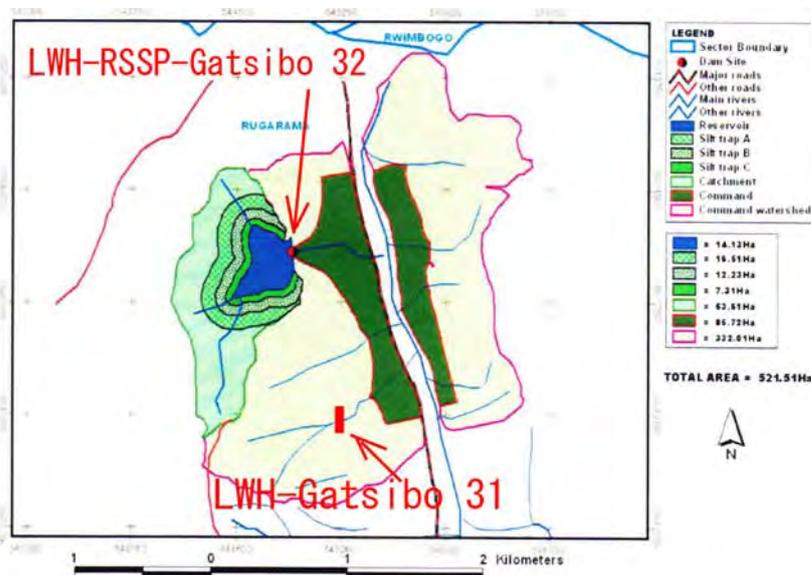


Figure 2.1.33 Gatsibo 31 et Gatsibo 32

## 2) Sélection de l'axe du barrage

Le gradient longitudinal de la rivière de type torrent est comparativement raide et le stockage dans la section du torrent est assez limité. L'axe de barrage requis immédiatement en aval du point de jonction des 3 torrents, et l'axe du barrage sont alignés de la colline avec affleurements de roches sur la rive gauche à la crête douce sur la rive droite. Dans ce cas, l'élévation de la rive droite est suffisante et le corps du barrage peut être connecté au sol plat en aval. Si l'axe du barrage est situé en aval du point de jonction, cela présenterait certains avantages pour la capacité de stockage du réservoir, mais la différence d'élévation entre le sol sur les deux rives et le lit du torrent étant d'environ 15 m seulement, le stockage sera réellement insuffisant parce que seulement dans la section du torrent.

De plus, il sera nécessaire de faire bien attention aux plans de disposition/fixation, à l'alignement, à l'élévation, au gradient pour le plan du canal de trop plein pour assurer la conformité à la topographie spécifique du torrent.

## 3) Géologie

Il est assumé qu'un flux rapide a pénétré dans le pied de la montagne, où des roches sédimentaires sablonneuses/boueuses et des granites ont été largement transformés, et a érodé le sol pour créer la rivière en forme de torrent. Les deux rives du torrent maintiennent un à-pic vertical de 15 m de hauteur. L'à-pic a une certaine résistance, mais est soumis à l'érosion par le flux rapide. Bien que composé de roches métamorphiques complexes, la géologie n'est pas de type perméable, et un réservoir est possible. Dans la couche un peu plus haute que le lit de la rivière, des graviers sont exposés et des cavités sont visibles dans la partie inférieure de la couche de graviers.

De tels matériaux de graviers ou sable pour la filtration peuvent être disponibles s'ils sont visibles sur le lit du torrents ou dans les canalisations. Certains pensent que le contrefort gauche est fixé à la montagne avec un affleurement de quartz, et qu'il est possible que la roche de base soit à une couche plus basse, mais la distribution est difficile à connaître. Des puits de recherche ont été construits en amont de l'axe du barrage pour juger de la disponibilité de matériaux de levée, et il s'est avéré que des matériaux imperméables étaient disponibles seulement jusqu'à une profondeur de 4 m, et qu'à partir de 4 m se trouvaient des roches altérées. La teneur en humidité naturelle a été mesurée à moins de 10%, et un contrôle d'humidité minutieux devra avoir lieu pendant la construction. Lors du rapport intermédiaire de l'étude sur le terrain, MINAGRI a confirmé que Gatsibo 31 n'était pas justifié et a demandé à l'équipe d'étude d'abandonner la planification. L'équipe d'étude a donc annulé l'étude par forage prévue pour GATSIBO 31 après confirmation avec la JICA.

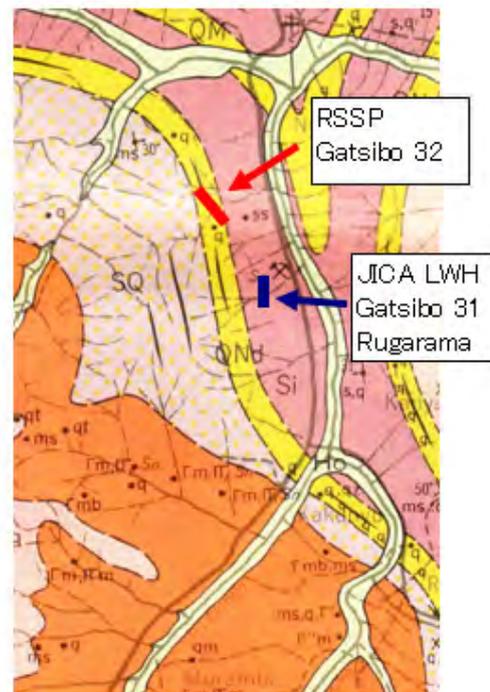


Figure 2.1.34 Carte géologique Gatsibo 31

#### 4) Etude pour les matériaux de levée

Pour obtenir des matériaux de levée dans la zone du réservoir, des puits de recherche ont été réalisés sur les deux rives en amont de l'axe du barrage. Des tests de laboratoire ont été menés sur les échantillons collectés pour étudier la possibilité de les utiliser comme matériau principal imperméable pour la levée du barrage.

La teneur en humidité naturelle est basse. Les roches altérées à plus de 4 m de profondeur provoqueront des difficultés pour les travaux de construction.

Les deux puits de recherche montrent des roches altérées à plus de 5 m, inutilisables comme matériau de levée. Comme la teneur en eau naturelle est inférieure à 10%, il sera difficile de contrôler la teneur en eau pendant la construction de la levée.

#### 5) Section longitudinale et plan de l'axe du barrage

La figure suivante indique la section longitudinale et le plan de l'axe du barrage jugés les plus probables.

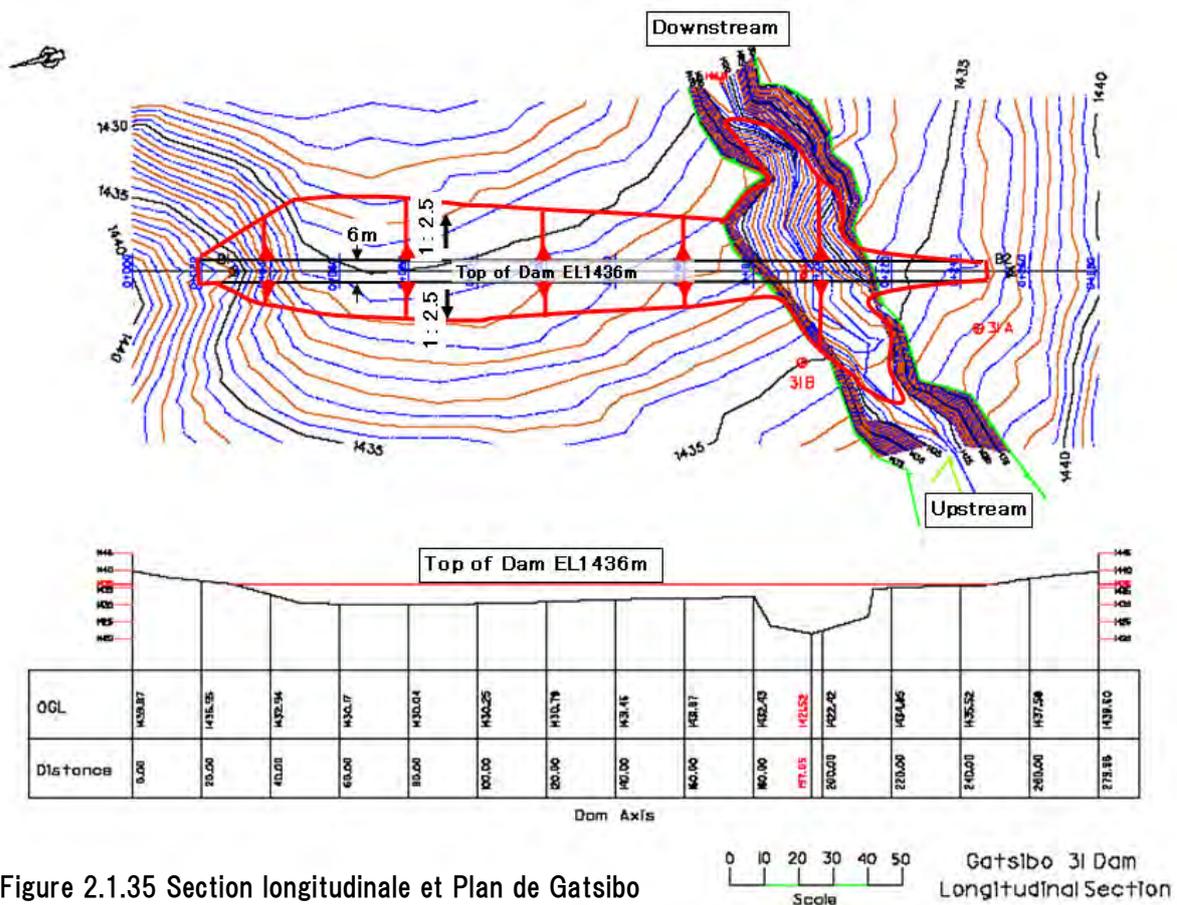


Figure 2.1.35 Section longitudinale et Plan de Gatsibo

6) Image du corps du barrage achevé

Ceci représente le cas où la hauteur du barrage de Gatsibo 31 est fixée à 15 m.

Après l'étude sur le terrain de l'équipe d'étude JICA, Gatsibo 31 a été exclu de l'étude.

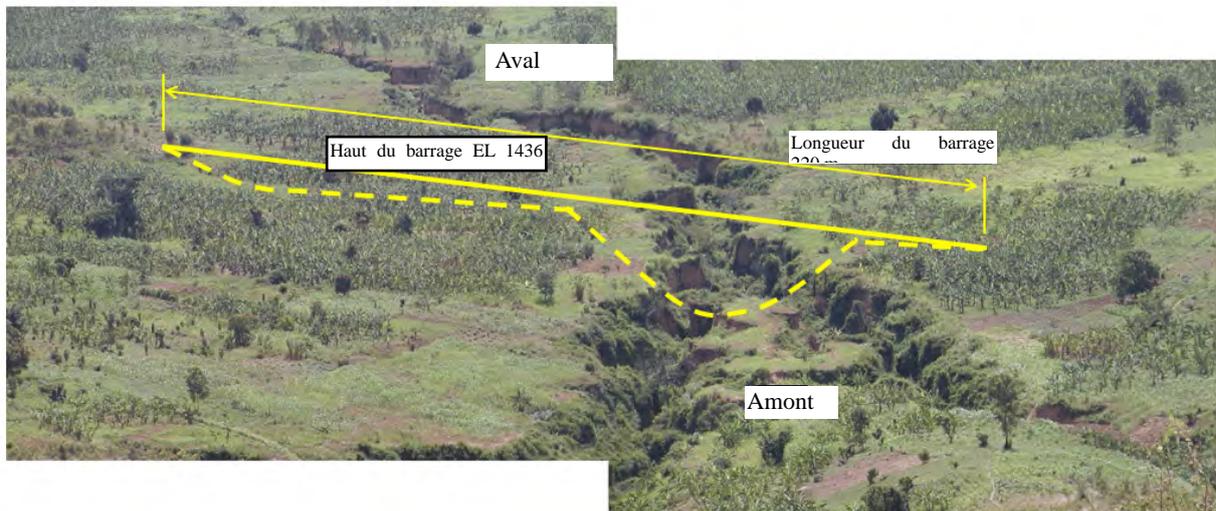


Figure 2.1.36 Image du barrage achevé

## (5) Bugesera3 Rilima

La conception détaillée pour Bugesera 3 a été achevée sous le LWH, et les dimensions principales ont été fixées. Les descriptions ci-dessous incluent donc des références à la conception détaillée du LWH.

### 1) Site

Bugesera 3 Rilima se situe dans la vallée voisine de Bugesera 2 Gashora, avec entre les deux la crête nord de Gashora. En aval, la rivière Bugesera 2 et se jette dans le lac Rumira. Comme pour Bugesera 2, il y a un écoulement de surface dans le lit de la rivière, mais pas toujours. En amont de la route dans le captage, il y a la forêt militaire comme à Bugesera 2. La pente actuelle des deux rives aux environs de l'axe du barrage est d'environ 1:7.

### 2) Sélection de l'axe du barrage

Comme le montre la Figure 2.1.37, Emplacement d'origine de l'axe du barrage de Bugesera 3, la zone de captage inclut la zone militaire couverte de forêt et les zones de collines dedans et aux alentours, et le niveau de plein d'eau est fixé de manière à ne pas atteindre la zone militaire. Lors de l'étude topographique menée par la suite pour fixer le niveau de plein d'eau aussi haut que possible sans affecter la zone militaire, il s'est avéré que la hauteur du barrage pouvait dépasser 20 m à cause de la faible élévation du lit de la rivière. On a donc changé d'avis et fixé le niveau de plein d'eau pour assurer la zone bénéficiaire d'abord, et déplacé l'axe du barrage en amont, calculé la capacité de stockage; le résultat a été une hauteur de barrage de 16,2 m, comme prévu par l'équipe d'étude. Comparé à Bugesera 2, Bugesera 3 a une pente de lit de rivière plus raide, et un gradient topographique plus raide des deux rives.

### 3) Géologie

La géologie locale de Bugereses 3 est caractérisée par l'intrusion de roches ignées dans la composition granitique, en tant que partie des zones couvertes d'intrusions de taille considérable au sud-est et sud-ouest de Kigali. Ces intrusions ont été observées dans la partie est du district de Bugesera et dans la partie centrale de celui de Nyanza. Pendant l'étude sur le terrain, des affleurements frais d'intrusions n'ont pas beaucoup été observés, le site Bugesera 3 y compris. Les coupes de routes et les excavations

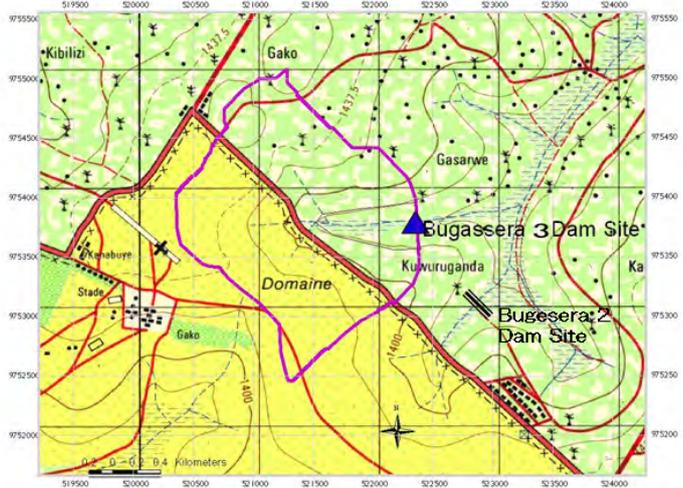


Figure 2.1.37 Emplacement de Bugesera 3 pendant

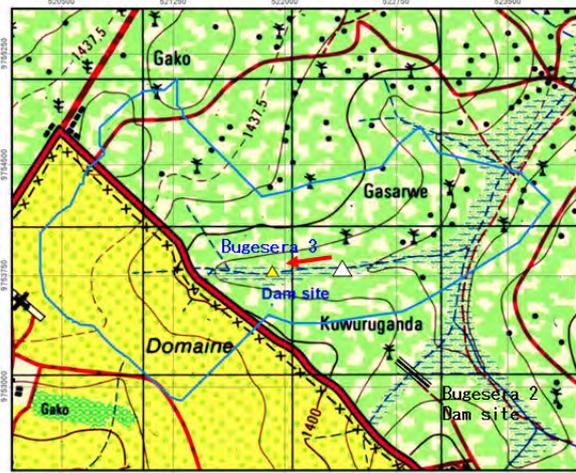


Figure 2.1.38 Emplacement final de l'axe de barrage Bugesera 3

locales montrent que les roches ont subi une altération forte à moyenne. Le sol est riche en quartz avec beaucoup de minéraux de mica. Le granite du site est affecté par une altération importante, au point qu'il est transformé en sable à sol sablonneux graveleux. La profondeur d'altération est importante (plus de 5 m) comme le montrent les coupes de routes et les puits de recherche des environs. Du côté gauche de la vallée, le granite a été tellement altéré qu'il présente des parties fines et grossières en proportions pratiquement égales.

En ce qui concerne les structures géologiques, la roche a été affectée seulement par des joints remplis par des veines de quartz ultérieures. Dans la plupart des affleurements altérés, ces veines apparaissent fortes et résistantes, et révèlent un réseau fluvial dendritique. Elles sont exemptes d'autres structures géologiques comme joints ouverts en profondeur, failles et plis.

Des sols argileux d'une épaisseur d'environ 3 m, de couleur gris sombre, non-organiques, solides et imperméables sont déposés au centre de la vallée. Sur la rive gauche, des sables argileux résiduels dérivés de l'altération des roches de base ont été trouvés. L'épaisseur de la couche est estimée à environ 10 m. Dans la couche inférieure de la vallée sont distribués des sols sablonneux avec de petits graviers. Des granites fortement à moyennement altérés ont été trouvés pour la partie du canal de trop plein. La figure suivante donne le résultat de l'étude d'imagerie de la résistivité.

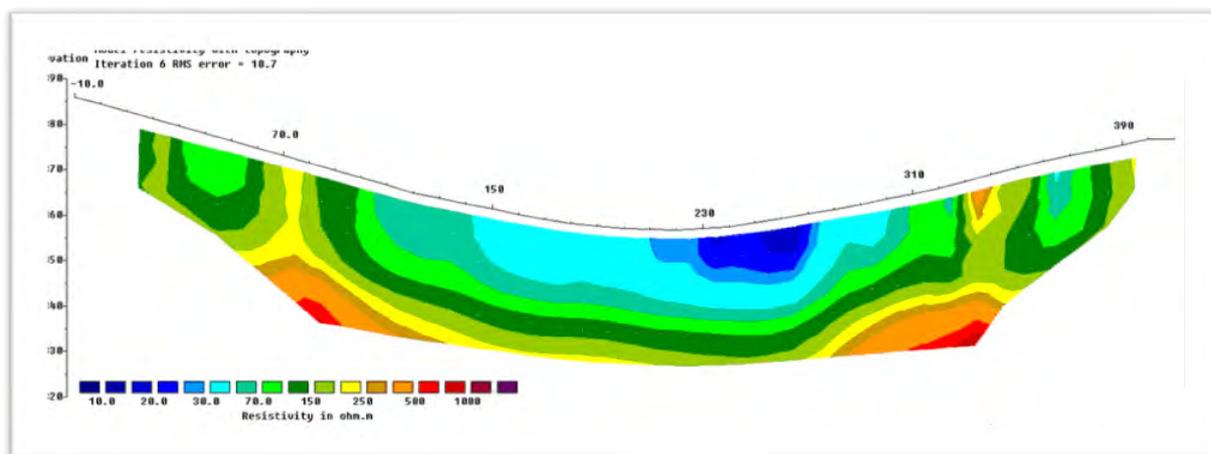


Figure 2.1.39 Bugesera 3 Résultats de la prospection électrique

Sur une longueur de 50 m sur le lit de la rivière le long de l'axe du barrage, il y a des sols argileux issus de l'altération complète du granite ou des dépôts du lit de la rivière, mais en petite quantité. Puis sur une longueur de 150 m sur le lit de la rivière, une zone altérée d'une profondeur de 15-20 m est estimée inclure une variation allant du limon/sable à des roches altérées fissurées. Plus loin sur la couche de surface des deux rives, il devrait y avoir des sables grossiers dérivés de granites altérés.

Pour la section standard du corps du barrage, une zone de couverture imperméable sera prévue en amont pour réduire le suintement possible de la fondation du corps du barrage. La couverture aura une épaisseur d'1 m et une longueur de 5 fois celle de la profondeur d'eau maximum.

Des matériaux de levée sont disponibles aux environs du site et le matériau principal imperméable dans la zone du réservoir. Des matériaux semi-imperméables (sablonneux), des matériaux de filtration et des matériaux rocheux sont disponibles aux environs. Les puits de recherche et carrières ont montré les

possibilités indiquées sur la figure suivante.

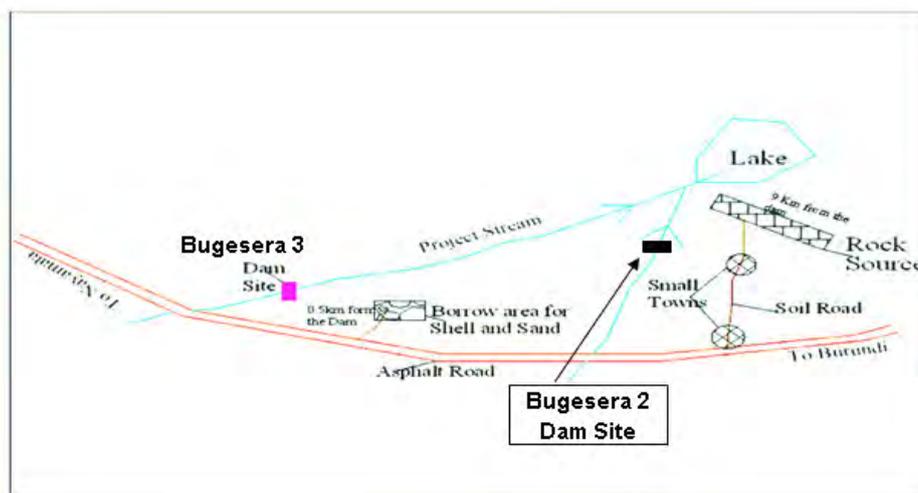


Figure 2.1.40 Fosse d' emprunt et sites carrière Bugesera 2 et 3

#### 4) Test pour le matériau de levée

Des courbes de gradation ont été préparées pour les différents matériaux, confirmant leur adaptation pour l'utilisation. Pour les matériaux imperméables, l'index de plasticité indique plus de 20, ce qui est jugé acceptable.

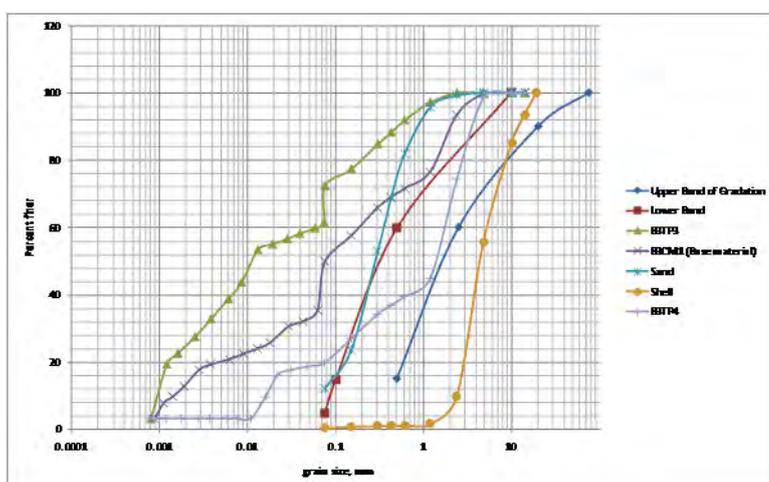


Figure 2.1.41 Analyse du matériau de levée

#### 5) Section longitudinale et plan de l'axe du barrage

La figure suivante indique la section longitudinale et le plan de l'axe du barrage les plus probables sous la présente étude.

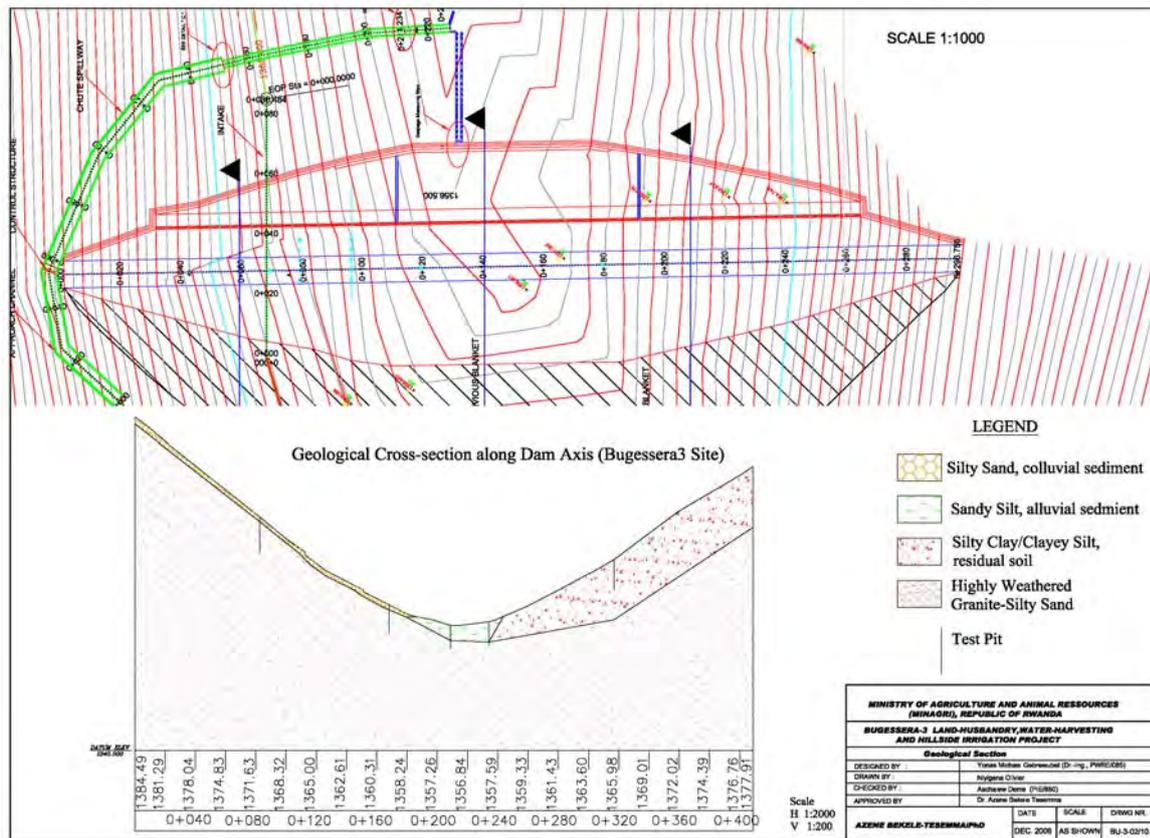


Figure 2.1.42 Section longitudinale et plan de l'axe de barrage (Rapport de conception LWH)

## (6) Bugesera4 Musenyi

Pour Bugesera 4, la conception détaillée a été achevée et les dimensions principales fixées sous LWH. Pour cette raison, les descriptions suivantes incluent des références dudit rapport de conception détaillée LWH.

### 1) Site

Bugesera 4 Musenyi se situe dans le Secteur de Musenyi, environ 23 km au sud de Kigali et environ 18 km à l'ouest de Bugesera 3 et Bugesera 2. Actuellement, le site est relativement plat, d'une élévation d'environ 1.400 m, avec des montagnes d'environ 1.500 m élevées et raides en amont, selon la carte topographique au 1/50.000. Plus on descend dans le bassin, plus le gradient de deux rives devient faible. A environ 2 km en aval du site, il y a des terres humides, et à

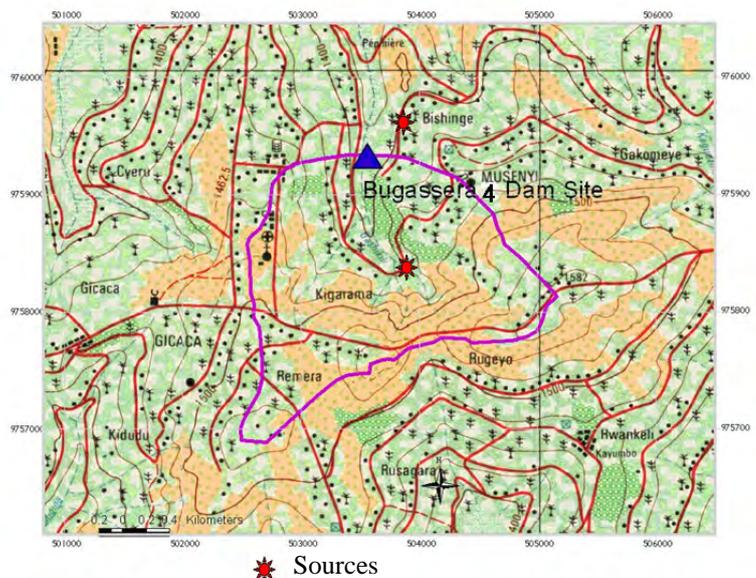


Figure 2.1.43 Carte d'emplacement Bugesera 4

environ 5 km au nord-ouest du site, la rivière se jette dans la rivière Akanyaru, un affluent de la Nyabarongo.

Il existe des sources à la fois en amont et en aval de la zone du réservoir. Celle en amont est située plus haut que le niveau de plein d'eau du réservoir, et celle en aval est à mi-pente de la montagne, à 300 m du réservoir, et ne devrait pas avoir d'influence sur le réservoir. Les gradients de pente ont été confirmés inférieurs à 16% pour 98% à la fois de la zone de captage et de la zone bénéficiaire.

## 2) Sélection de l'axe du barrage

Comme l'indique la Figure 2.1.43, l'emplacement de Bugesera 4, bassin en amont est relativement raide, mais en allant en aval, la vallée s'ouvre graduellement et le gradient des deux rives diminue aussi. Par conséquent, la capacité de stockage devient plus grande quand le site du barrage est plus en aval à cause de la largeur plus grande de la rivière et du gradient plus petit des deux rives, mais en même temps, la longueur de la crête du barrage et le volume de levée deviennent plus grands aussi.

Les points clés pour la fixation de l'axe du barrage sont comme suit:

- Il y a des habitations dans et autour de la zone du réservoir, et le niveau de plein d'eau sera limité dans une certaine mesure.
- Le niveau d'eau pour l'irrigation de la zone bénéficiaire en aval est prévu à environ 1.390 m, similaire à l'alignement des canalisations, et il est alors nécessaire d'établir le niveau de plein d'eau le plus haut possible.
- Il existe une route traversant la vallée concernée en aval de l'axe du barrage. La topographie plus en aval de la route passe largement à l'ouverture, permettant une crête plus longue et un volume de levée de barrage plus grand si l'axe du barrage est sélectionné là.

En ayant un niveau de plein d'eau plus élevée, la zone bénéficiaire pourrait être maximisée, mais cela provoquerait la relocalisation de maisons locales. Le rapport de commencement du LWH contient les descriptions suivantes. [L'axe du barrage a été décidé dans la phase de pré-faisabilité, mais pendant l'étude sur le terrain le 1<sup>er</sup> août 2008, une autre décision a été prise qu'il y a un meilleur axe de barrage à environ 100 m en amont du premier. Le nouvel axe est situé E0503520-N9759368 avec une élévation du lit de la rivière d'élévation 1390 m. Compte tenu de tous les points précités, une hauteur de barrage d'environ 17 m a été fixée par étude topographique et étude hydrologique pendant la phase de la conception détaillée.]

Comme indiqué dans le rapport de conception détaillée, l'emplacement de l'axe du barrage est fixé comme ci-dessus, mais l'élévation du lit de la rivière a été confirmée à 1382,57 m, ce qui est considérablement différent des 1390 m de la phase de pré-faisabilité. Il y a aussi un problème de relocalisation, et le niveau de plein d'eau a été abaissé autant que possible pour satisfaire la zone bénéficiaire en aval prévue.

Le rapport socio-économique de la phase de conception détaillée indique aussi [Relocalisation recommandé pour 3 maisons existantes dans et autour de la zone du réservoir], et le coût de la relocalisation a été estimé et inclus dans la conception détaillée.

La disposition du site du barrage de Bugesera 4 est comme suit.

Comme l'indique la figure ci-dessus, l'étude a été menée sur la base de l'axe de barrage décidé dans le Rapport de commencement, mais la hauteur du barrage est maximalisée au niveau le plus haut autorisé par les conditions topographiques. Ce barrage est l'un des quatre prioritaires dans LWH et il est estimé qu'il n'y aura pas suffisamment de temps pour réviser les plans pour l'axe du barrage, l'échelle du barrage, les études comparatives sur les niveaux de plein d'eau, etc.

Si ce barrage était inclus dans l'étude JICA suivante, une étude additionnelle sera peut-être nécessaire sur le plan de l'axe du barrage à environ 100 et plusieurs dizaines de m plus en amont au moment de la phase de faisabilité afin d'éviter la relocalisation, ainsi qu'une étude comparative pour les points suivants.

- Abaissement du niveau de plein d'eau et diminution de la zone bénéficiaire (champs de montagne en pente)
- Augmentation de la nouvelle zone bénéficiaire (rizières) dans la zone humide

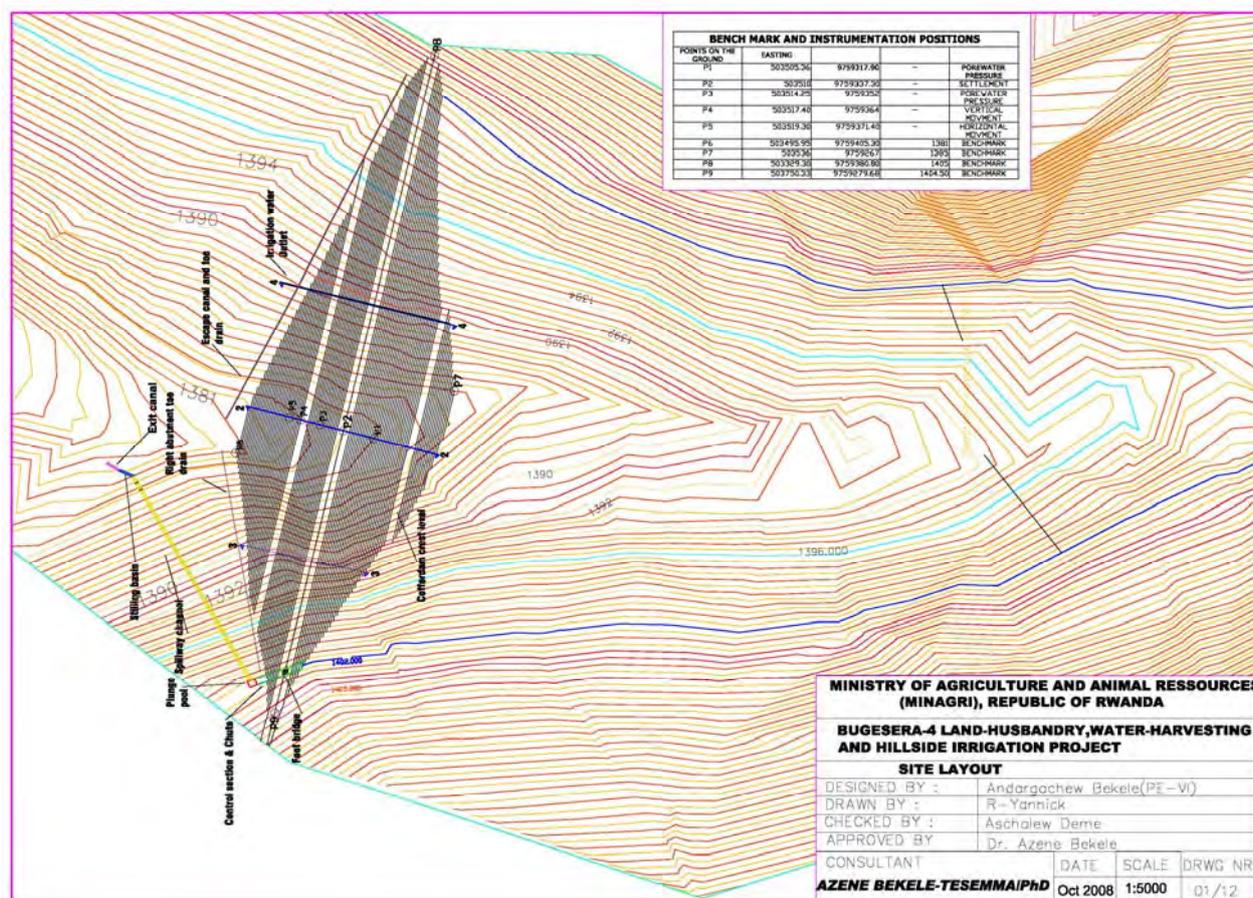


Figure 2.1.44 Plan de Bugesera 4 (Rapport de conception LWH)

### 3) Géologie

La fondation de roches de base est généralement en précambrien, et le site et ses environs sont couverts de roches métamorphiques comprenant principalement des micaschistes incluant du quartz.

Sur les pentes des deux rives du réservoir, il y a des affleurements de micaschistes, fortement altérés. Ces roches forment une fondation en pente à la fois vers l'amont et l'aval, ce qui est considéré indiquer à la fois des joints et une surface discontinue. Les roches sont caractérisées par des veines de quartz traversant la roche mère et sont altérées hydrothermalement. Les roches mères sont largement couvertes de limon résiduel et fortement altérées jusqu'à une profondeur considérable.

La partie vallée est couverte d'argile limoneuse non-organique de couleur brun sombre sur une épaisseur d'environ 4 m. Les deux rives sont couvertes d'une épaisse couche de limon/sable dérivée des roches de base altérées. La géologie en amont du canal de trop plein se compose de roches fortement à moyennement altérées sur une couche mesurée à environ 5 m d'épaisseur.

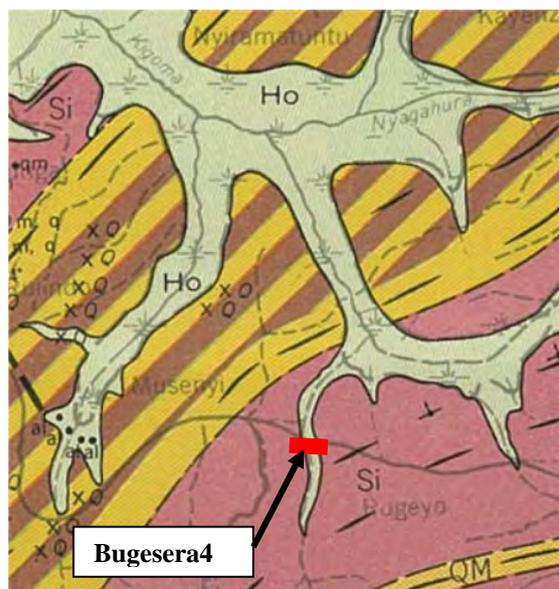


Figure 2.1.45 Carte géologique Bugesera 4

Le résultat de l'étude d'imagerie de résistivité menée sur l'axe du barrage est indiqué ci-dessous.

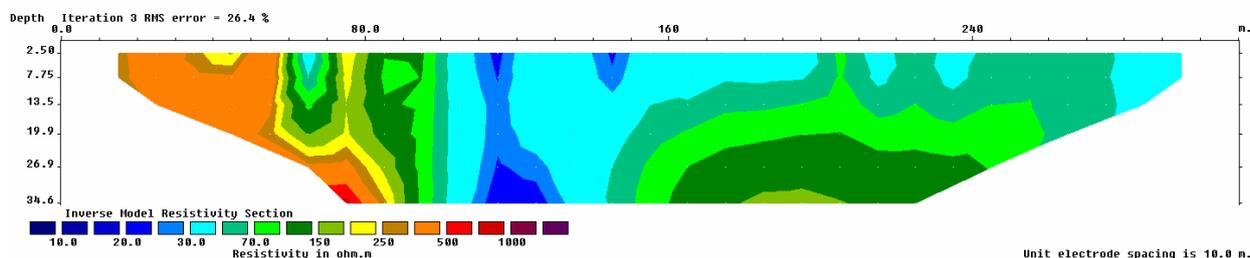


Figure 2.1.46 Prospection électrique de l'axe de barrage

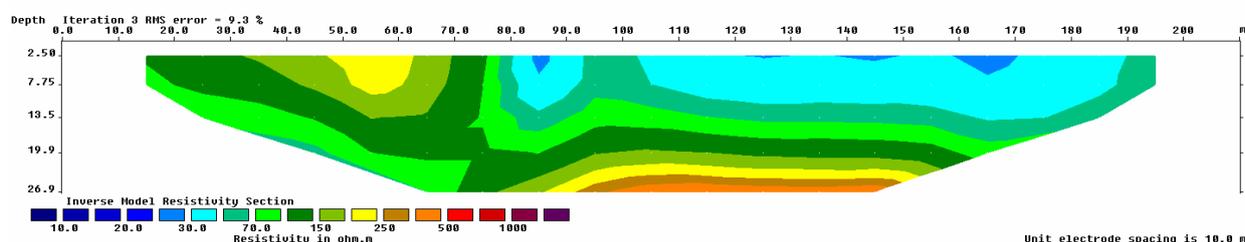


Figure 2.1.47 Prospection électrique à 140 m en amont de l'axe de barrage

Le rapport de conception détaillée donne la référence suivante [Sur la rive gauche de l'axe du barrage se trouve une fondation de roches fermes à un niveau peu profond, et sur la rive droite aussi pas de

problème de fondation, bien que la surface des roches altérée soit épaisse, et que l'existence d'une faille soit supposée dans le lit de la rivière. En amont de l'axe du barrage, l'étude a été faite en parallèle avec cet axe pour trouver la faille supposée. Bien qu'il soit difficile de juger définitivement le cas parce que rien n'est indiqué sur la carte géologique de l'Institut de géologie belge, une attention minutieuse devra être assurée à l'étape de la construction.]

Cette analyse ne permet pas de clarifier définitivement comment traiter géo-techniquement l'existence possible de la faille à l'axe du barrage, et il est noté que sous la planification actuellement, une étude par forage sur l'existence de la faille est nécessaire avant les travaux de construction; une étude complémentaire, incluant l'axe du barrage, est aussi envisagée au moment de la phase de pré-faisabilité.

Il est aussi considéré nécessaire de sélectionner le traitement de la fondation par injection de lait de ciment ou bien l'adoption d'un barrage de type homogène de hauteur inférieure à 15 m, en considérant les dimensions principales dérivées de la conception détaillée comme suit:

- Hauteur du barrage : 1404,5 – 1378 m = 26,5 m
- Largeur inférieure de la zone centrale : 30,5 m
- Zone profondément fracturée le long de la faille.

#### 4) Etude des matériaux de levée

Conformément au rapport de conception détaillée, les résultats des tests sur les matériaux imperméables sont comme suit. L'index de plasticité est relativement bas.

**Tableau 2.1.28 Matériaux imperméables**

Paramètres su sol	Résultats
Fraction fine	70%
LL de fraction fine	37,90%
Fraction argile	19,70%
Pois spécifique	18%
Perméabilité	2.62
Fraction fine	3,7e-8 m/s
Ø°	28°
C'	0 kPa
Teneur en humidité naturelle	8%
Densité du sol	17 kN/m3

Les matériaux de levée du barrage peuvent être obtenus aux environs du site du barrage et le matériau principal imperméable dans la zone du réservoir. Le matériau semi-perméable (sablonneux) et les matériaux de filtration et rocheux sont disponibles aux environs du site du barrage. Les puits d'emprunt prévus sont indiqués sur la figure suivante.

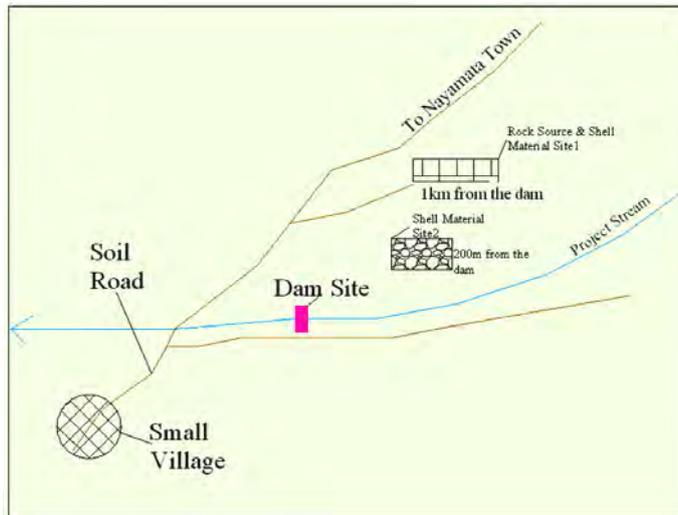
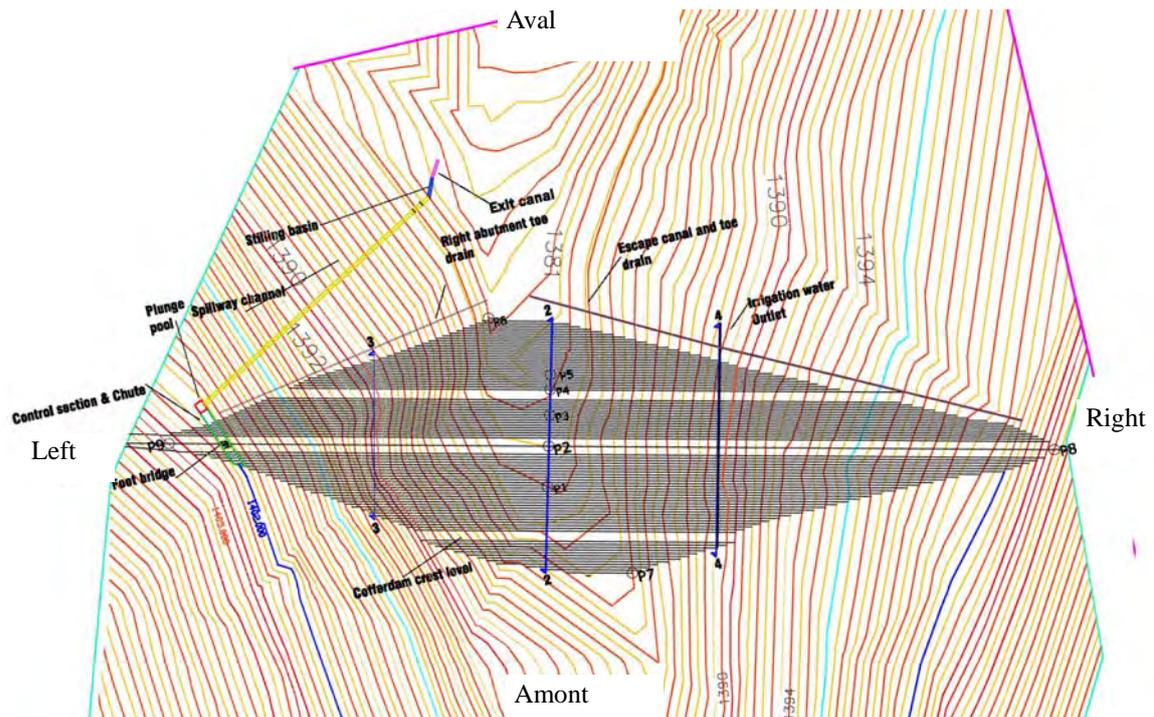


Figure 2.1.48 Fosse d' emprunt et sites carrière Bugesera 4

5) Plan de disposition de l'axe du barrage

Le plan de disposition du barrage de la conception détaillée est comme indiqué ci-dessous.



Le dessin standard du corps du barrage de la conception détaillée est indiqué ci-dessous.

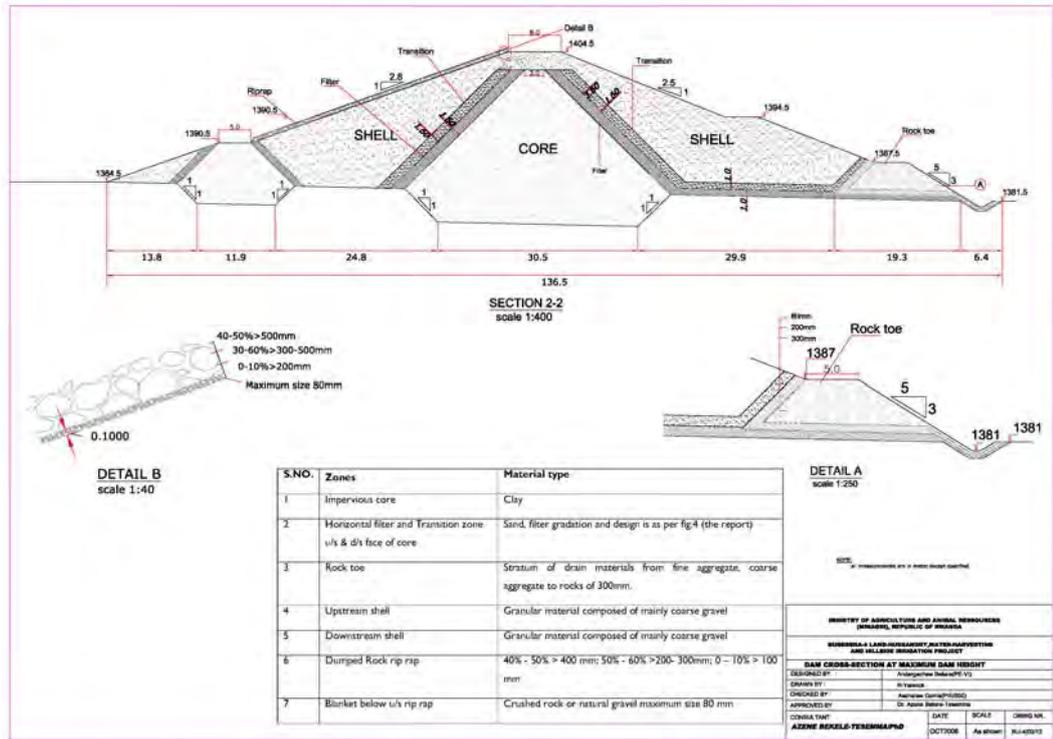


Figure 2.1.50 Section standard de barrage (Rapport de conception LWH)

6) Image du corps du barrage achevé



Figure 2.1.51 Image du corps du barrage achevé

## **(7) Objectif et résultats des tests des sols**

### **1) Objectif**

L'objectif des tests des sols dans cette étude est de confirmer si les matériaux du site sont utiles comme matériaux pour les berges ou pas. Les tests visent les matériaux imperméables pour un barrage de type homogène.

### **2) Adéquation des matériaux**

Des tests de laboratoire pour les matériaux imperméables de chaque site ont été effectués. Les matériaux imperméables sont généralement constitués de roches érodées à l'emplacement actuel et ils contiennent moins de sédimentation secondaire, moins de gravier fusionné de façon adaptée et beaucoup de sédiments fins (argile, limon).

Ils conviennent comme matériaux imperméables. Cependant, comme leur contenu en eau est faible, il est nécessaire de pulvériser de l'eau pendant la construction. De plus, comme ils contiennent moins de gravier et beaucoup de sédiments fins, leur capacité d'exploitation est faible et des fissures peuvent apparaître facilement. Avec des mesures adaptées à ces problèmes, ils sont suffisamment utiles comme matériaux imperméables pour un barrage de type homogène.

Les résultats de l'enquête menée sur les barrages de la RSSP construits dernièrement montrent qu'ils ont été construits solidement et aucune fuite d'eau n'a été observée. Comme des matériaux similaires sont utilisés pour la construction de manière solide d'un barrage de 30m de hauteur en Malaisie, le barrage sera construit sans problèmes avec des méthodes de travail adaptées.

### **3) Résultats des tests des sols**

Les résultats des tests des sols et les estimations sont les suivants:

#### **① Perméabilité**

D'après l'analyse au tamis, tous les échantillons remplissent les conditions suivantes et conviennent comme matériaux imperméables.

Contenir des sédiments fins (moins de 0,075mm) à plus de 10%-15%

Contenir de l'argile (moins de 0,005mm) à plus de 5%

#### **② Déformation et solidité**

L'indice de plasticité a été calculé à partir de la limite liquide et de la limite de plasticité. Tous les échantillons sont classifiés en CL ou CM sur l'échelle de plasticité et il a été confirmé qu'ils conviennent comme matériaux imperméables.

#### **③ Pression interstitielle de l'eau pendant la construction**

D'après les résultats des tests, 50% des tailles des particules ont été examinées en se basant sur les standards de l'USBR. Les matériaux du contrefort droit à Ngoma 22 Rurenge sont des matériaux qui présentent une probabilité de glissement de terrain. Cependant, leur épaisseur est fine et les matériaux du contrefort gauche seront utilisés. D'autres échantillons montrent une probabilité de glissement de terrain de moins de 20%. Tous les matériaux contiennent peu d'eau et ils nécessitent de pulvériser de

l'eau pendant la construction.

#### ④ Forte probabilité de fissuration des matériaux

Presque tous les échantillons se situent sur l'échelle de taille des grains à forte probabilité de fissuration. Cependant, les fissures apparaissent souvent lorsque le contenu en eau est inférieur au contenu en eau optimal et que l'indice de plasticité est inférieur à 15. D'après les résultats des tests, l'indice de plasticité des échantillons de la partie la plus profonde de Bugesera 2 Gashora est faible, entre 11,3 et 10,4. Ils nécessitent de pulvériser de l'eau pendant la construction pour rendre le contenu en eau supérieur au contenu en eau optimal. D'autres matériaux montrent un indice de plasticité supérieur à 15 et ils seront utilisés sans problèmes.

Les fissures apparaissent souvent dans les matériaux imperméables exposés. Les surfaces en amont et en aval des berges nécessitent d'être couvertes par des matériaux rocheux, une zone de protection ou de la végétation.

#### ⑤ Contenu naturel en eau

Comme le contenu naturel en eau des matériaux de tous les sites est très faible, la pulvérisation d'eau est nécessaire pour tous les sites pendant la construction. Des traitements détaillés seront décidés après des tests physiques futurs.

#### 4) Exemples d'autres sites du projet LWH

Les plans de conception détaillée de 8 barrages du projet LWH ont été achevés. Le résumé des résultats des tests des matériaux de berges est le suivant:

##### ① Bugesera 3

Dans le rapport de conception détaillée de Bugesera 3 qui est voisin de Bugesera 2, les matériaux principaux sont décrits comme "D'après le Système de classification uni des sols, les sols sont classés comme CL dans la catégorie des argiles minces sableuses avec une résistance au cisaillement comparable et une perméabilité inférieure." Cependant, dans le chapitre 4 du plan de conception du barrage et du réservoir, il est stipulé que "Les sols présentant une forte compressibilité et une limite liquide ne conviennent pas comme matériaux principaux car ils sont sujets au gonflement et à la formation de fissures. L'adéquation des matériaux de la zone utilisée tels que rassemblés et testés comme matériaux principaux est traitée en détail dans le rapport de géologie/géotechnique." Ceci est présumé à cause d'un faible indice de plasticité de 9,6%, bien inférieur à 15%. Dans le cas de Bugesera 2, les échantillons montrent un indice de plasticité d'environ 10% et des résultats similaires à Bugesera 3.

Dans le "Programme de construction 4.17" du rapport sur Bugesera 3, il est stipulé que "Comme le barrage est petit, il est possible de le construire en trois ou quatre mois. Le moment de la construction devrait être fixé de telle sorte que celle-ci coïncide avec la saison la plus sèche de l'année. Par conséquent, le barrage doit être construit à partir de la fin du mois de juin jusqu'à la moitié du mois de septembre." Cependant, même durant la saison des pluies, des écoulements d'eau sont observés uniquement en cas de fortes pluies. La saison des pluies est avantageuse car elle permet d'ajouter de l'eau aux matériaux des berges pendant la construction. Il pleut très peu durant la saison sèche et il n'y

a pas d'eau disponible dans la zone du site.

② Bugesera 4

Dans le rapport de conception détaillée, il est stipulé que “D’après le Système de classification uni des sols, les sols sont classés comme CL dans la catégorie des argiles minces sableuses. Les valeurs du tableau montrent que les sols, quand ils sont compactés, atteignent une faible perméabilité, une forte densité et une bonne résistance au cisaillement.” Les commentaires sur les matériaux principaux pour ce site ne sont pas présents. Il est supposé que, comme le type zonal est adopté, seule l’impermeabilité des matériaux principaux a été considérée.

③ Gatsibo 31

Dans le rapport de conception détaillée, il est stipulé que “D’après les résultats des tests, les valeurs du tableau montrent que les sols quand ils sont compactés, atteignent une faible perméabilité, une forte densité et une bonne résistance au cisaillement.” L’indice de plasticité est de 20% et il n’y a pas de problèmes.

④ Karongi 12

Classification C L, indice de plasticité 19,3%, sédiments fins 89,5%, sédiments argileux 3,2%. Cela convient comme matériaux imperméables.

⑤ Karongi 13

L’échantillon du site du barrage montre que la part de sédiment argileux est de 5% et une autre ballastière a été sélectionnée en aval. Classification CL. Dans le rapport de conception détaillée, il est stipulé que “D’après les résultats des tests, les valeurs du tableau montrent que les sols, quand ils sont compactés, atteignent une faible perméabilité, une forte densité et une bonne résistance au cisaillement.”

⑥ Kayonza 15

Classification SC. Il diffère des autres barrages. L’indice de plasticité est de 12,6% et la part de sédiments argileux est de 4%. Dans le rapport de conception détaillée, il est stipulé que “D’après les résultats des tests, les valeurs du tableau montrent que les sols, quand ils sont compactés, atteignent une faible perméabilité, une forte densité et une bonne résistance au cisaillement.”

⑦ Nyanza 23

Classification CL. D’après les résultats des tests, les matériaux sont utiles comme matériaux imperméables. La hauteur du barrage est de 16,2m, cependant les fondations sont des rochers et du jointolement est prévu.

5) Exemple de la Malaisie

Les matériaux d’un barrage en Malaisie sont constitués de roches érodées à l’emplacement actuel depuis une longue période, ils ne contiennent pas de gravier et ils sont érodés au maximum. Le contenu en eau des matériaux au Rwanda est faible, alors que les matériaux en Malaisie contiennent beaucoup plus d’eau en raison de la différence de climat. Cependant, les pourcentages de sédiments fins et de

plastinité sont similaires à ceux du Rwanda. Les matériaux au Rwanda sont utilisés comme matériaux pour les berges pour un barrage de 30m de hauteur.

## 6) Critères de décision

### ① Echelle de taille des grains

L'échelle de taille des grains adéquate des matériaux imperméables est présentée dans la figure suivante. Celui-ci montre aussi l'échelle de taille des grains des matériaux qui produisent souvent des fissures quand le contenu en eau est inférieur au contenu en eau optimal. Cette figure a été réalisée à partir des résultats de l'enquête menée sur 17 barrages où des fissures sont apparues dans les matériaux imperméables. Ceci montre que l'argile de plasticité faible à moyenne avec un indice de plasticité de moins de 15% produit souvent des fissures.

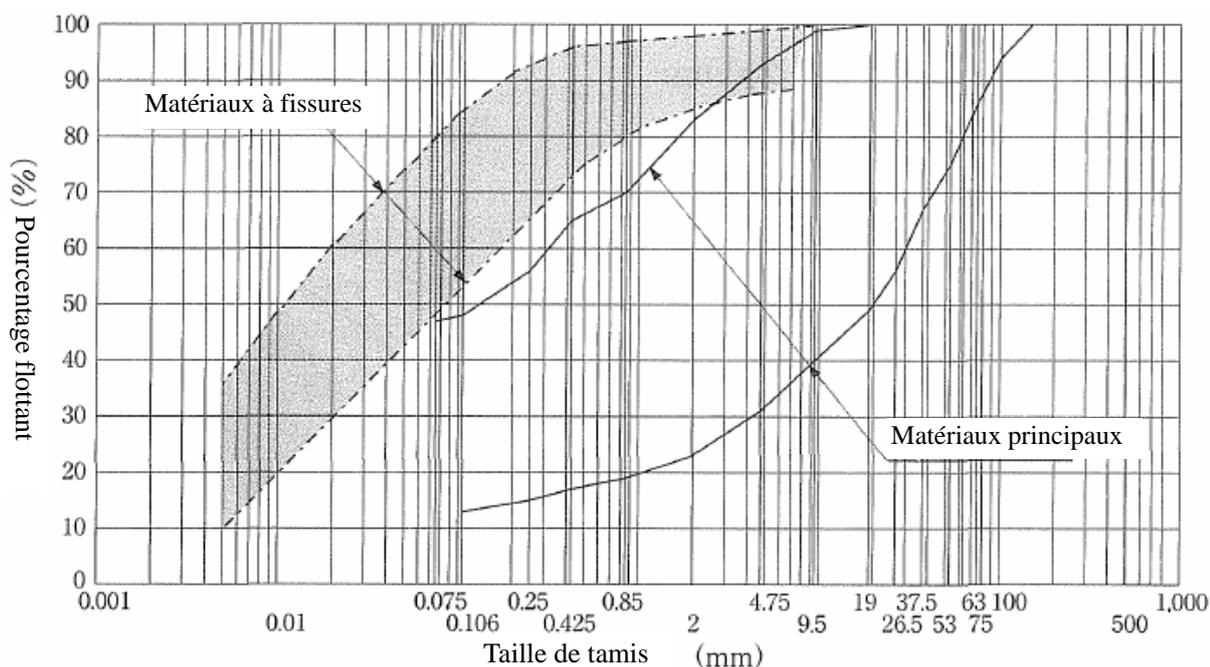


Figure 2.1.52 Taille des grains appropriée pour les matériaux imperméables

### ② Gradation

Le taux de fusion des particules des sols est appelé gradation. Il est représenté en pourcentage par poids. La figure avec des pourcentages flottants en ordonnée et la taille des grains en abscisse est appelé courbe cumulative de taille des grains. La taille de tamis de 50% des pourcentages flottants est définie comme D50. C'est la taille habituelle des grains des sols.

La pression interstitielle sera produite si le contenu en eau est supérieur au contenu en eau optimal et cela affecte la stabilité. L'USBR a enquêté et a constaté que les glissements de terrain pendant et après la construction sont étroitement liés au D50.

$D_{50}$  = moins de 0,006 mm : 100% de glissement de terrain

$D_{50}$  = 0,006mm à 0,02mm (fin) : 50% de glissement de terrain

$D_{50}$  = 0,02mm à 0,06mm (moyen) : 10 à 20% de glissement de terrain

$D_{50}$  = plus de 0,06mm : 0% de glissement de terrain

③ Classification des sols

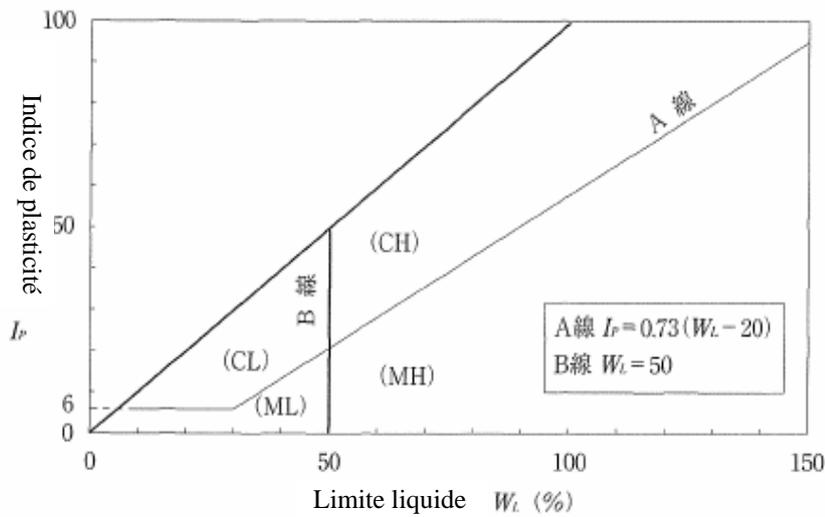


Figure 2.1.53 Echelle de plasticité

La limite liquide tracée et l'indice de plasticité sont représentés sur la figure 2.1.53, la classification des sols est déterminée. Si les matériaux correspondent à CL ou CH dans le tableau 2.1.29, ils conviennent comme matériaux imperméables.

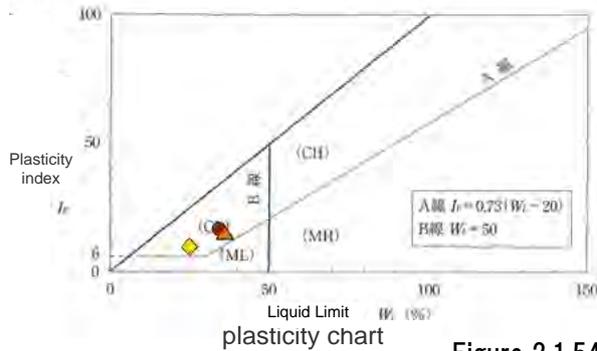
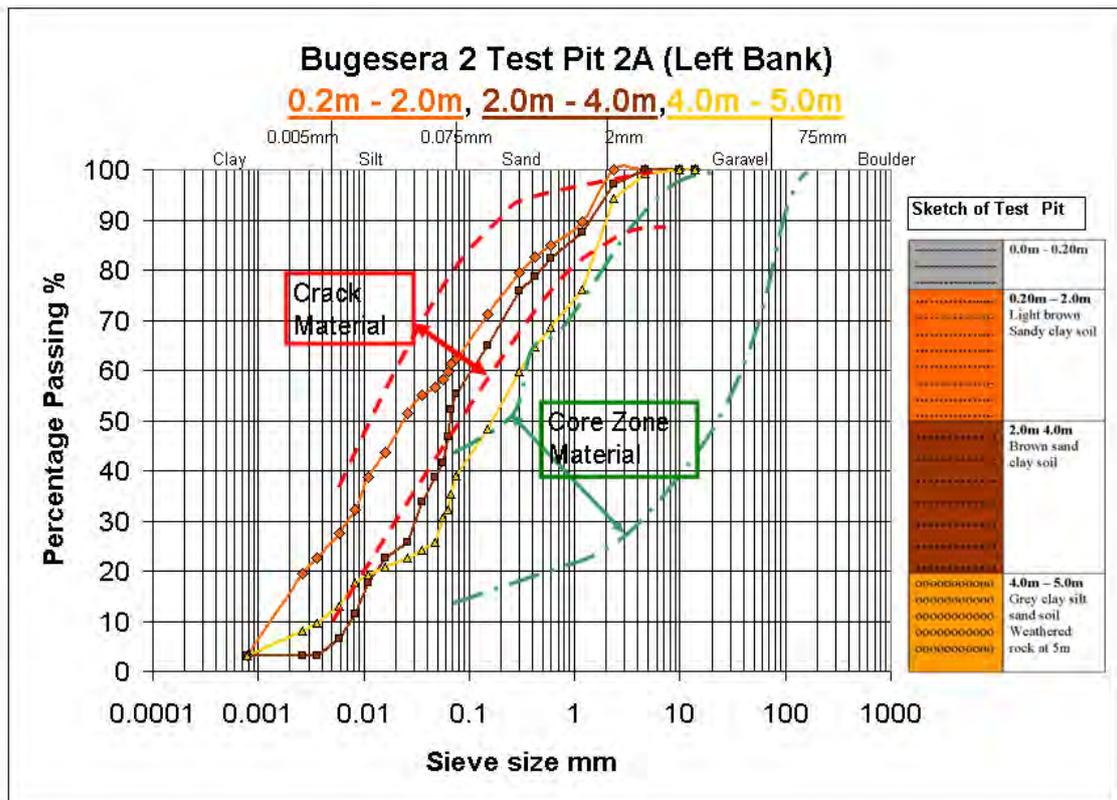
Tableau 2.1.29 Classification standard et propriétés des sols, graviers et sables

Symbol	Standard compaction		Void ratio e0	Piping resistance	Coefficient of permeability k(cm/sec)	Degree of permeability	Shearing strength			Shearing strength	Construction difficulty	No. of actual USBR examples	Suitability	Compression (%)	
	rd. max (t/m3)	Wopt					C0 (kg/cm2)	C sat (kg/cm2)	$\phi$ (°)					1.4 kg/cm2	3.5 kg/cm2
GW	> 1.91	< 13.3	*	large	$1^{-8} \sim 1^{-1}$ ( $2.7^{-2} \pm 1.3^{-2}$ )	pervious	*	*	> 38	very large	very easy	-	suitable (pervious)	< 1.4	*
GP	> 1.76	< 12.4	*	large-medium	$5^{-3} \sim 1^{-1}$ ( $6.4^{-2} \pm 3.4^{-2}$ )	pervious-very pervious	*	*	> 36	large	very easy	-	suitable (pervious)	< 0.8	*
GM	> 1.83	< 14.5	*	large-medium	$1^{-7} \sim 1^{-4}$ (> $3^{-7}$ )	semi pervious	*	*	> 34	large	very easy	4	suitable (impervious)	< 1.2	< 3.0
GC	> 1.84	< 14.7	*	very large	$1^{-8} \sim 1^{-5}$ (> $3^{-7}$ )	impervious	*	*	> 31	large	very easy	4	suitable (impervious)	< 1.2	< 2.4
SW	$1.91 \pm 0.08$	$13.3 \pm 2.5$	$0.37 \pm *$	large-medium	$5^{-5} \sim 5^{-2}$ (*)	pervious	$0.40 \pm 0.04$	*	$38 \pm 1$	very large	very easy	-	suitable (pervious)	$1.4 \pm *$	*
SP	$1.76 \pm 0.03$	$12.4 \pm 1.0$	$0.50 \pm 0.03$	small-very small	$5^{-4} \sim 5^{-1}$ ( $7.2^{-4}$ )	pervious-semi pervious	$0.23 \pm 0.06$	*	$36 \pm 1$	large	easy-medium	-	suitable (pervious)	$0.8 \pm 0.3$	*
SM	$1.83 \pm 0.02$	$14.5 \pm 0.4$	$0.48 \pm 0.02$	medium-small	$1^{-7} \sim 5^{-4}$ ( $7.5^{-6} \pm 4.8^{-6}$ )	semi pervious-	$0.52 \pm 0.06$	$0.20 \pm 0.07$	$34 \pm 1$	large	easy-medium	16	suitable (impervious)	$1.2 \pm 0.1$	$3.0 \pm 0.4$
SM-SC	$1.91 \pm 0.02$	$12.8 \pm 0.5$	$0.41 \pm 0.02$	-	$(8.0^{-7} \pm 6.0^{-7})$	-	$0.51 \pm 0.22$	$0.15 \pm 0.06$	$33 \pm 3$	-	-	3	-	$1.4 \pm 0.3$	$2.9 \pm 1.0$
SC	$1.84 \pm 0.02$	$14.7 \pm 0.4$	$0.48 \pm 0.01$	large	$1^{-8} \sim 5^{-5}$ ( $3.0^{-7} \pm 2.0^{-7}$ )	impervious	$0.76 \pm 0.15$	$0.11 \pm 0.06$	$31 \pm 3$	large-medium	easy-medium	7	suitable (impervious)	$1.2 \pm 0.2$	$2.4 \pm 0.5$
ML	$1.65 \pm 0.02$	$19.2 \pm 0.7$	$0.63 \pm 0.02$	small-very small	$1^{-8} \sim 5^{-5}$ ( $5.9^{-7} \pm 2.3^{-7}$ )	impervious	$0.68 \pm 0.10$	$0.09 \pm *$	$32 \pm 2$	medium-large	medium-very	7	suitable (impervious)	$1.5 \pm 0.2$	$2.6 \pm 0.3$
ML-CL	$1.75 \pm 0.02$	$16.8 \pm 0.7$	$0.54 \pm 0.03$	-	$(1.3^{-7} \pm 0.7^{-7})$	-	$0.64 \pm 0.17$	$0.22 \pm *$	$32 \pm 3$	-	-	-	-	$1.0 \pm 0.2$	$2.2 \pm 0.0$
CL	$1.73 \pm 0.02$	$17.3 \pm 0.7$	$0.56 \pm 0.01$	large	$1^{-8} \sim 1^{-6}$ ( $8.0^{-8} \pm 3.0^{-8}$ )	impervious	$0.88 \pm 0.10$	$0.13 \pm *$	$28 \pm 2$	medium	medium-difficult	10	suitable (impervious)	$1.4 \pm 0.2$	$2.6 \pm 0.4$
OL	*	*	*	medium	$1^{-8} \sim 1^{-5}$ (*)	impervious	*	*		small	medium-difficult	-	unsuitable	*	*
MH	$1.31 \pm 0.06$	$36.3 \pm 3.2$	$1.15 \pm 0.12$	medium-large	$1^{-9} \sim 1^{-7}$ ( $1.6^{-7} \pm 1.6^{-7}$ )	very impervious	$0.73 \pm 0.30$	$0.20 \pm 0.01$	$25 \pm 2$	small	very difficult	-	unsuitable	$2.0 \pm 1.2$	$3.8 \pm 0.8$
CH	$1.50 \pm 0.03$	$25.5 \pm 1.2$	$0.80 \pm 0.04$	very large	$1^{-10} \sim 1^{-8}$ ( $5.0^{-5} \pm 5.0^{-8}$ )	very impervious	$1.04 \pm 0.34$	$0.11 \pm 0.06$	$19 \pm 5$	small-medium	very difficult	1	suitable (impervious)	$2.6 \pm 1.3$	$3.9 \pm 1.5$
OH	*	*	*	-	- (*)	-				-	-	-	unsuitable	*	
Pt										compaction impossible			usable		

1. This table is prepared on the basis of data from USBR, US Army Civil Engineering and Earth and Earth-Rock Dams. Figures stated in the table show an average reliability of 90%  
 2. \* indicate no data  
 3. C0: shearing strength at optimum moisture content, C sat: shearing strength at saturated condition  
 Coefficient of permeability  $1^{-3} \sim 1^{-1}$  indicates  $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-1}$   
 source: Engineering Manual for Irrigation and Drainage Fill Dam, The Japanese Institute of Irrigation and Drainage 1988

7) Résultats de test

1	Test effectué	Résultats		
		Gashora 2A 0,20m-2,0m	Gashora 2A 2,0m-4,0m	Gashora 2A 4,0m-5,0m
2	Teneur en humidité naturelle %	9,8	11,5	6,8
3	Atterberg i) Limite liquide %	35,2	32,6	25,9
	ii) Limite plastique %	18,9	15,7	14,6
	iii) Index de plasticité %	16,3	16,9	11,3
4	Poids spécifique	2,67	2,68	2,7

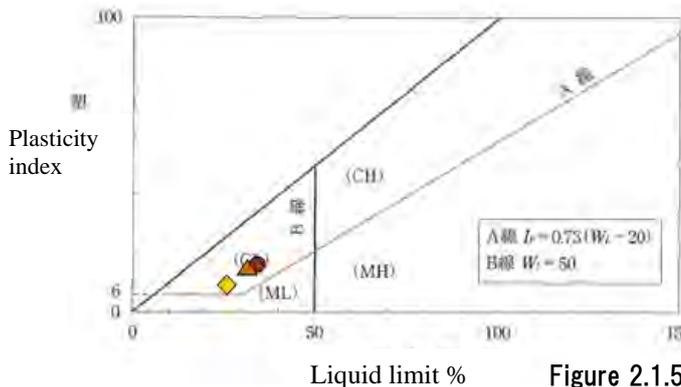
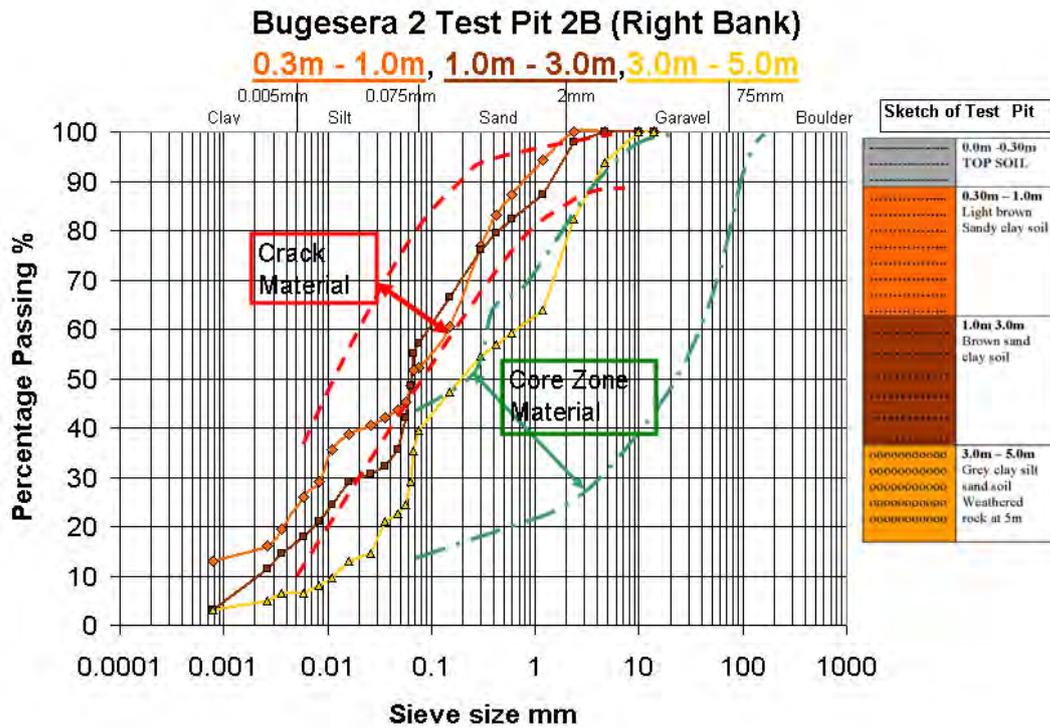


	0. 2m-2m	2m-4m	4m-5m
Liquid Limit	35.2	32.6	25.9
Plasticity index	18.3	18.9	11.3
Symbol	▲	●	◆
Soil Classification	CL	CL	CL
	Clay	Clay	Clay

Figure 2.1.54 Résultats de test des sols Bugesera 2 (1)

Le résultat des tests a montré que le matériau pouvait être utilisé comme matériau principal imperméable.

1	Test effectué	Résultats		
	Rive droite Profondeur du puits de recherche (m)	Gashora 2B 0.30m-1.0m	Gashora 2B 1.0m-3.0m	Gashora 2B 3.0m-5.0m
2	Teneur en humidité naturelle %	10.5	11.8	4.6
3	Atterberg i) Limite liquide %	30.4	33.1	26.3
	ii) Limite plastique %	15.6	17.6	15.9
	iii) Index de plasticité %	14.8	15.5	10.4
4	Poids spécifique	2.68	2.67	2.7



	0.3m-1m	1m-3m	3m-5m
Liquid limit	30.4	33.1	26.3
Plasticity	14.8	15.5	10.4
Symbol	▲	●	◆
classification	CL	CL	CL
	clay	clay	clay

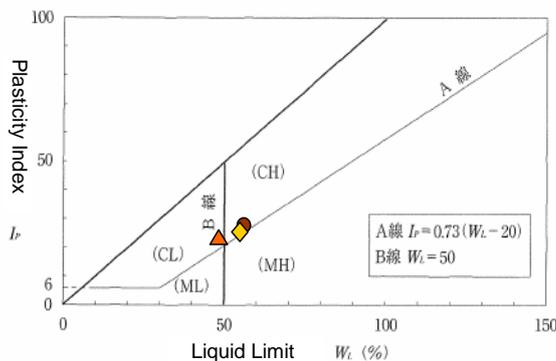
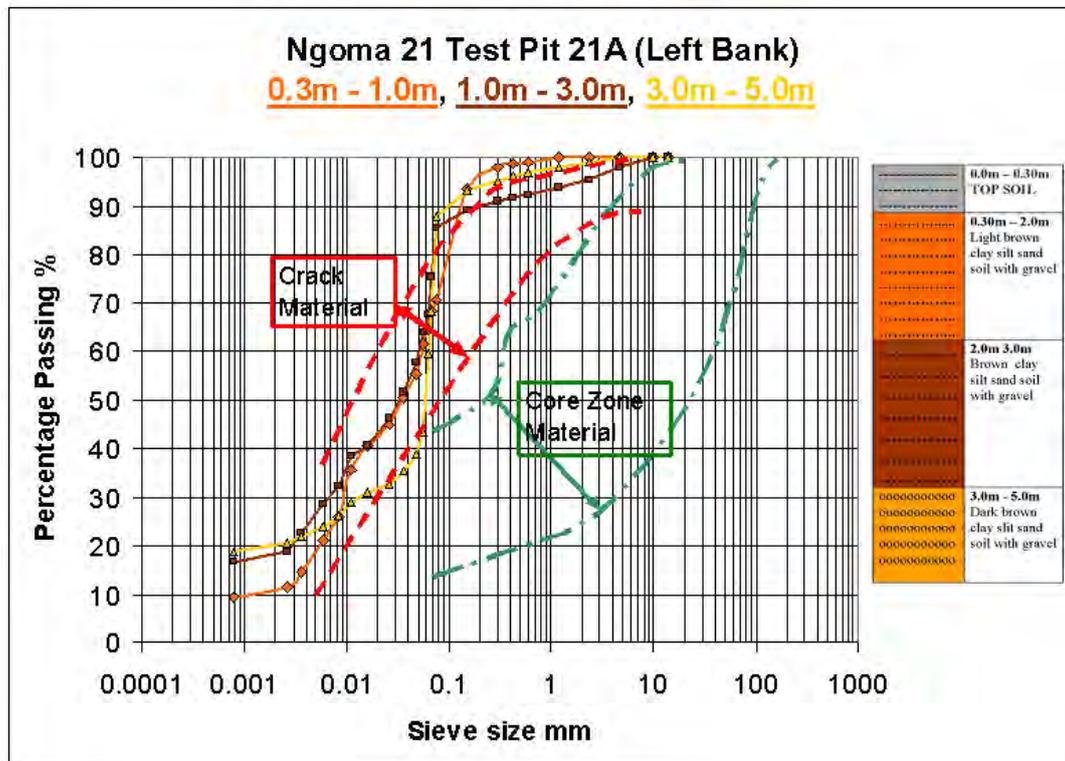
Figure 2.1.55 Résultats de test des sols Bugesera 2 (2)

Le résultat des tests a montré que le matériau pouvait être utilisé comme matériau principal imperméable.

Les matériaux testés sur les deux rives droite et gauche ont montré des résultats similaires, et sont utilisables comme matériau imperméable, sauf les matériaux du lit de la rivière. Le matériau imperméable a une faible teneur en eau, et il faudra ajouter un peu d'eau lors de la construction de la

levée.

Test effectué		Résultats		
1	Rive gauche Profondeur du puits de recherche (m)	Ngoma 21A 0,30m-1,0m	Ngoma 21A 1,0m-3,0m	Ngoma 21A 3,0m-5,0m
2	Teneur en humidité naturelle %	12,5	10,8	13,6
3	Atterberg i) Limite liquide %	48,9	56,6	54,9
	ii) Limite plastique %	25,4	28,8	27,9
	iii) Index de plasticité %	23,5	27,8	27
4	Poids spécifique	2,65	2,66	2,65

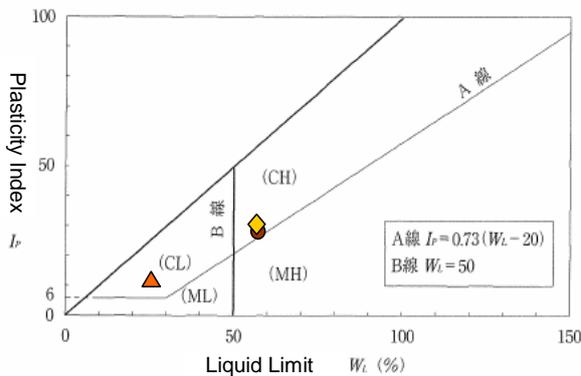
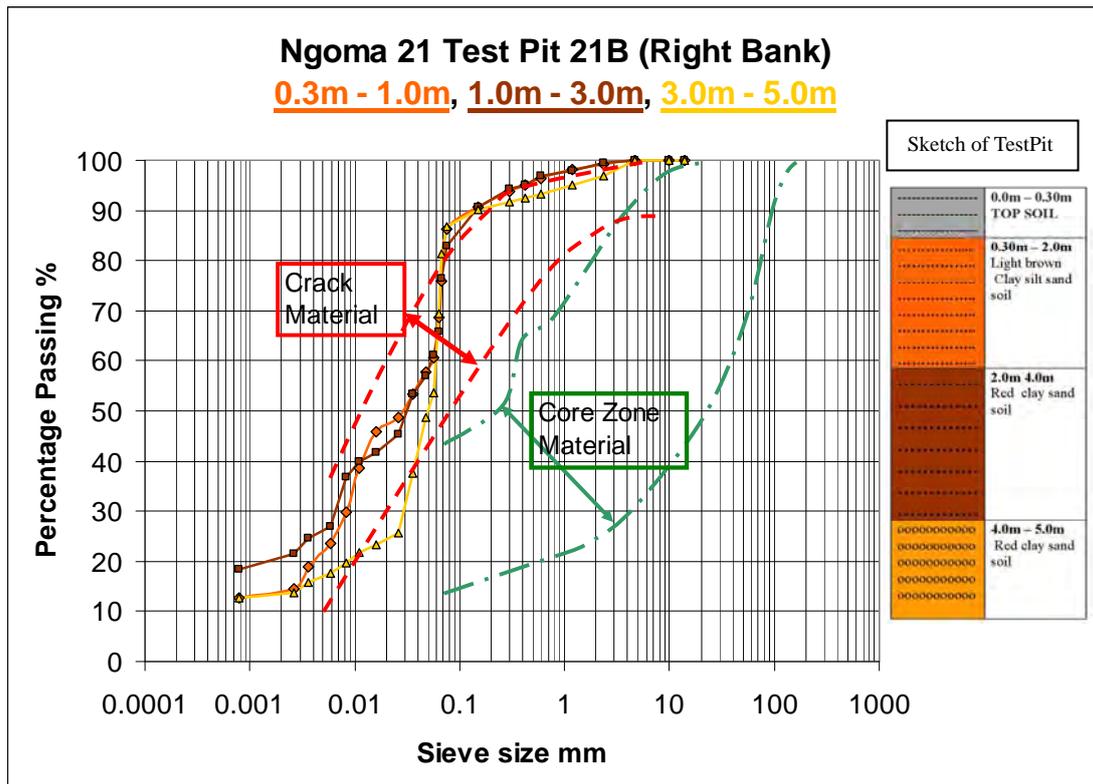


	0.3m-1m	1m-3m	3m-5m
Liquid Limit	48.9	56.6	54.9
Plasticity Index	23.5	27.8	27
Symbol	▲	●	◆
Classification	CL	CH	CH
	Clay	Clay	Clay

Figure 2.1.56 Résultats de test des sols Ngoma 21 (1)

Le résultat des tests a montré que le matériau pouvait être utilisé comme matériau principal imperméable.

Tableau 2.1.33 Test de laboratoire de Puits de recherche 21B Ngoma 21 (rive droite)				
Test effectué		Résultats		
1	Rive droite Profondeur du puits de recherche (m)	Ngoma 21B 0,30m-1,0m	Ngoma 21B 1,0m-3,0m	Ngoma 21B 3,0m-5,0m
2	Teneur en humidité naturelle %	12,5	14,6	16,5
3	Atterberg i) Limite liquide %	34,2	57,7	57,6
	ii) Limite plastique %	19,7	29,3	28,9
	iii) Index de plasticité %	14,5	28,4	28,7
4	Poids spécifique	2,67	2,64	2,64

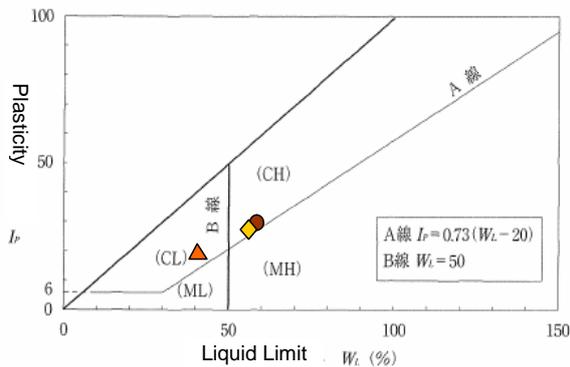
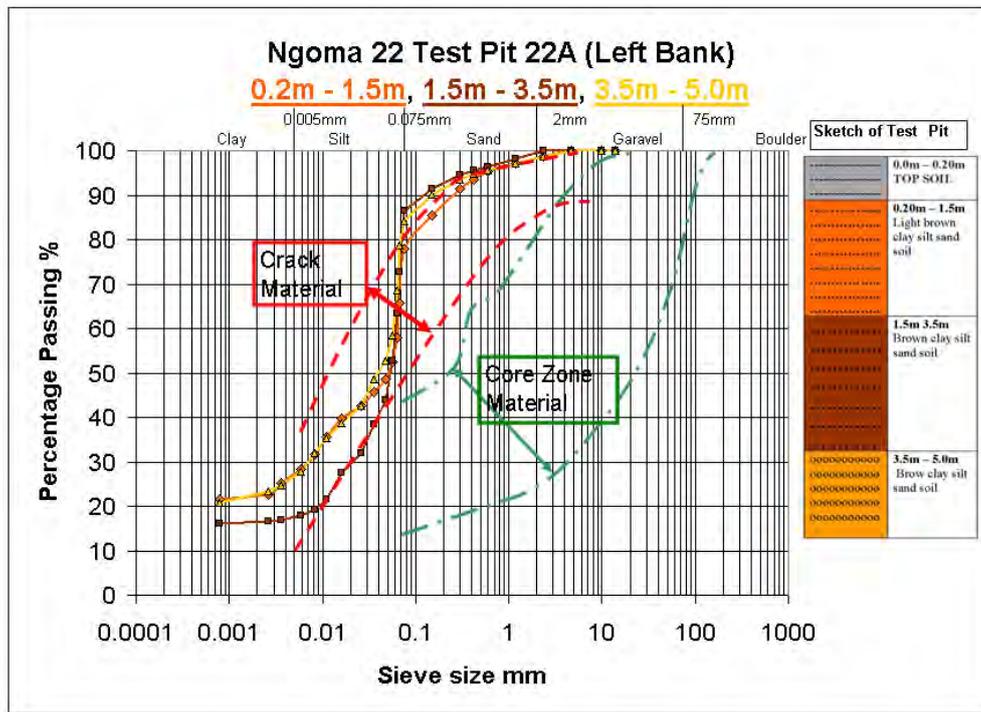


	0.3m - 1m	1m - 3m	3m - 5m
Liquid Limit	34.2	57.7	57.6
Plasticity Index	14.5	28.4	28.7
Symbol	▲	●	◆
Classification	CL	CH	CH
	Clay	Clay	Clay

Figure 2.1.57 Résultats de test des sols Ngoma 21 (2)

Le résultat des tests a montré que le matériau pouvait être utilisé comme matériau principal imperméable. Les matériaux testés pour les deux rives droite et gauche ont donné un résultat similaire et sont utilisables comme matériau imperméable, sauf ceux du lit de la rivière.

Tableau 2.1.34 Test de laboratoire de Puits de recherche 22A Ngoma 22 (rive gauche)				
Test effectué		Résultats		
1	Rive gauche Profondeur du puits de recherche (m)	Ngoma22A 0,20m-1,5m	Ngoma22A 1,5m-3,5m	Ngom 22A 3,5m-5,0m
2	Teneur en humidité naturelle %	9,6	10,4	11,6
3	Atterberg i) Limite liquide %	40,9	58,6	55,6
	ii) Limite plastique %	19,2	28,7	27,9
	iii) Index de plasticité %	21,7	29,9	27,7
4	Poids spécifique	2,65	2,66	2,7

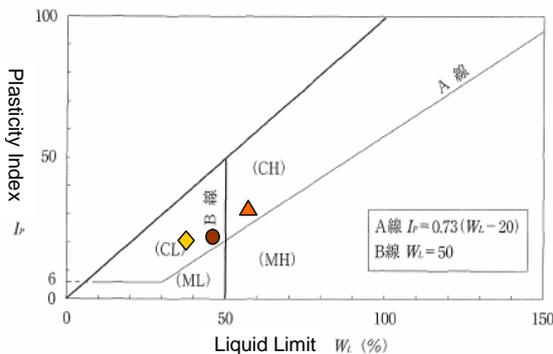
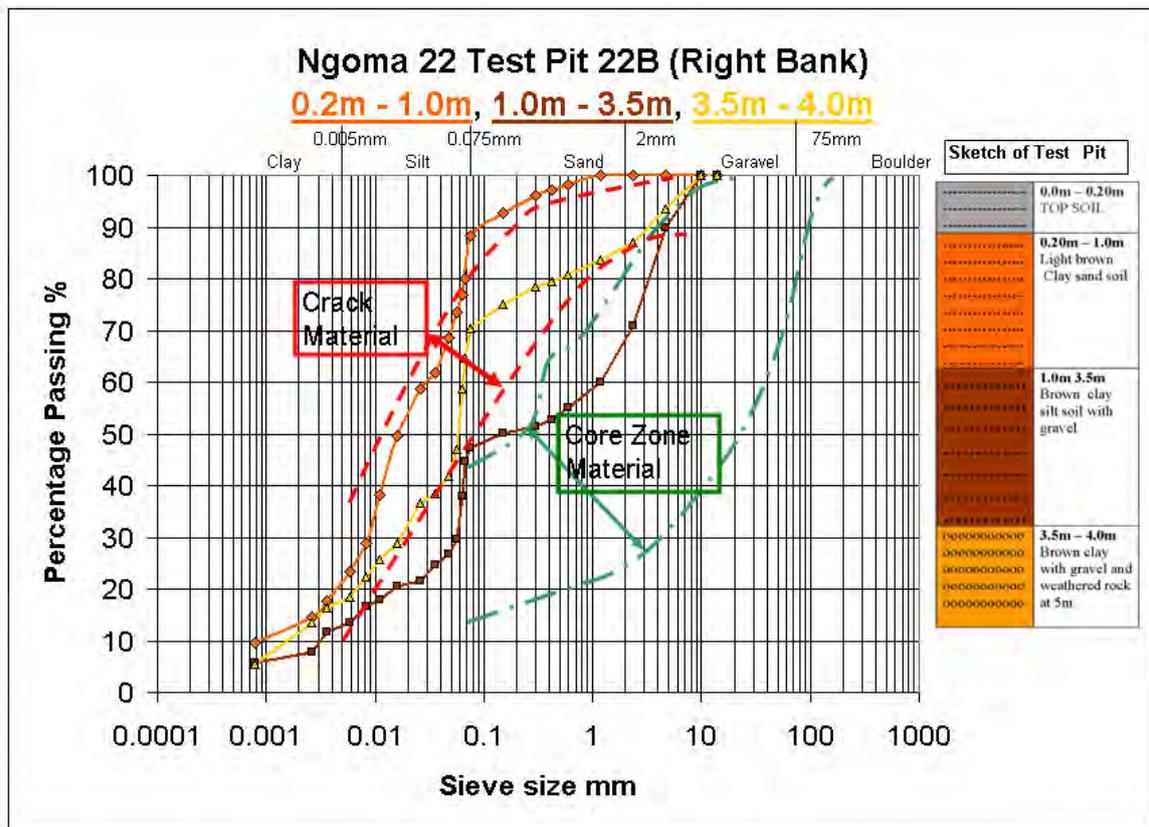


	0.2m – 1.5m	1.5m – 3.5m	3.5m – 5m
Liquid Limit	40.9	58.6	55.6
Plasticity Index	21.7	29.9	27.7
Symbol	▲	●	◆
Classification	CL	CH	CH
	Clay	Clay	Clay

Figure 2.1.58 Résultats de test des sols Ngoma 22 (1)

Le résultat des tests a montré que le matériau pouvait être utilisé comme matériau principal imperméable.

Tableau 2.135 Test de laboratoire de Puits de recherche 22B Ngoma 22 (rive droite)				
Test effectué		Résultats		
1	Rive droite Profondeur du puits de recherche (m)	Ngoma 22B 0,20m-1,0m	Ngoma 22B 1,0m-3,5m	Ngoma 22B 3,5m-4,0m
2	Teneur en humidité naturelle %	7,6	9,6	6,8
3	Atterberg i) Limite liquide %	57,9	44,7	38,4
	ii) Limite plastique %	27,5	22,8	17,6
	iii) Index de plasticité %	30,4	21,9	20,8
4	Poids spécifique	2,65	2,63	2,7



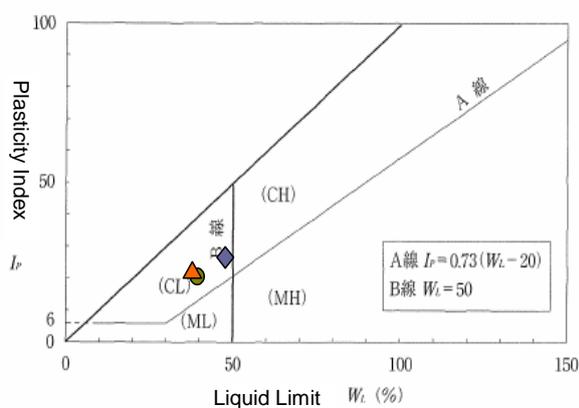
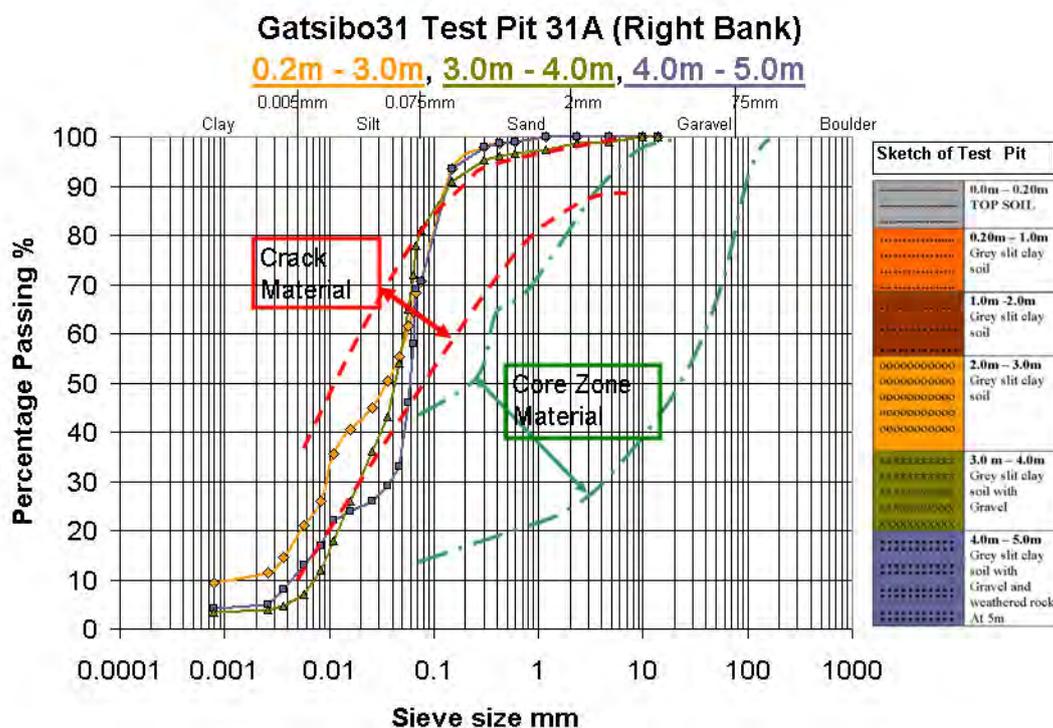
	0.2m - 1.5m	1.5m - 3.5m	3.5m - 4m
Liquid Limit	57.9	44.7	38.4
Plasticity Index	30.4	21.9	20.8
Symbol	▲	●	◆
Classification	CH	CL	CL
	Clay	Clay	Clay

Figure 2.159 Résultats de test des sols Ngoma 22 (2)

Dans ce cas, les conditions sont différentes sur les rives droite et gauche. Sur la rive droite, la couche de sol argileux s'étend jusqu'à une profondeur de 5 m, alors sur la rive gauche la teneur en humidité naturelle est plus élevée, avec mélange de gravier et une fondation rocheuse altérée à plus de 5 m. Dans

ce cas, il est préférable de placer le puits de recherche sur la rive gauche.

Tableau 2.1.36 Test de laboratoire de Puits de recherche 31A Gatsibo 31 (rive droite)				
Test effectué		Résultats		
1	Rive droite Profondeur du puits de recherche (m)	Gatsibo31A 0,20m-3,0m	Gatsibo31A 3,0m-4,0m	Gatsibo31A 4,0m-5,0m
2	Teneur en humidité naturelle %	8,6	10,4	7,5
3	Atterberg i) Limite liquide %	38,8	39,5	47,9
	ii) Limite plastique %	17,5	18,5	23,9
	iii) Index de plasticité %	21,3	21	24
4	Poids spécifique	2,7	2,68	2,64

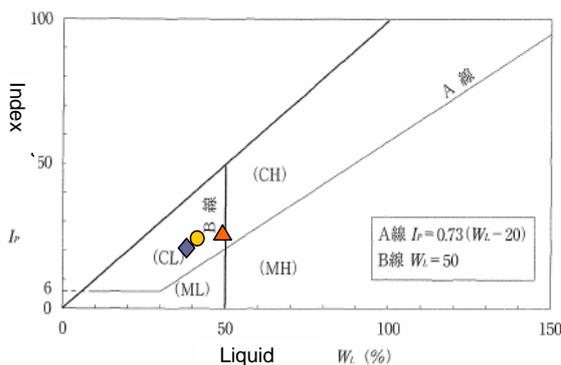
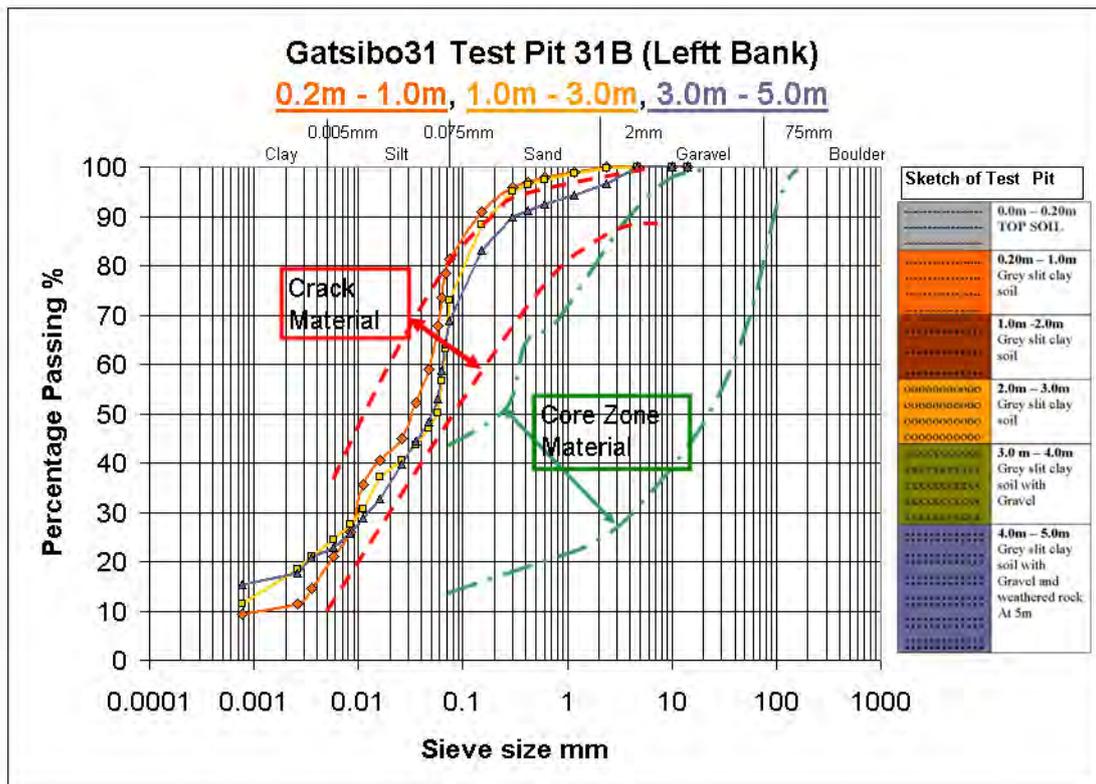


	0. 2m-3m	3m-4m	4m-5m
Liquid Limit	38.8	39.5	47.9
Plasticity Index	21.3	21	24
Symbol	▲	●	◆
Classification	CL	CL	CL
	Clay	Clay	Clay

Figure 2.1.60 Résultats de test des sols Gatsibo 31 (1)

La teneur en humidité naturelle est basse. Les roches altérées à plus de 4 m de profondeur provoqueront des difficultés pour les travaux de construction.

Tableau 2.1.37 Test de laboratoire de Puits de recherche 31B Gatsibo 31 (rive gauche)				
Test effectué		Résultats		
1	Rive droite Profondeur du puits de recherche (m)	Gatsibo31B 0,20 -1,0m	Gatsibo31B 1,0m–3,0m	Gatsibo31B 3,0m–5,0m
2	Teneur en humidité naturelle %	10,4	11,9	6,2
3	Atterberg i) Limite liquide %	48,6	40,2	37,2
	ii) Limite plastique %	24,8	17,6	16,7
	iii) Index de plasticité %	23,8	22,6	20,5
4	Poids spécifique	2,66	2,67	2,69



	0. 2m–1m	1m–3m	3m–5m
Liquid Limit	48.6	40.2	37.2
Plasticity Index	23.8	22.6	20.5
Symbol	▲	●	◆
Classification	CL	CL	CL
	Clay	Clay	Clay

Figure 2.1.61 Résultats de test des sols Gatsibo 31 (2)

Les deux puits de recherche montrent des roches altérées à plus de 5 m, inutilisables comme matériau de levée. Comme la teneur en eau naturelle est inférieure à 10%, il sera difficile de contrôler la teneur en eau pendant la construction de la levée.

**Tableau 2.1.38 Aperçu général des tests des sols**

Site	Bugesera 2 Gashora	Gatsibo 31 Rugarama	Ngoma 21 Remera	Ngoma 22 Rurenge
Gravité spécifique	La même que la valeur générale des particules des sols de 2,65 à 2,70. Pas de nature spécifique du minéral argileux ou du minéral original.			
Contenu naturel en eau	En général, plus les sédiments fins sont petits, plus le contenu en eau est faible, et le pourcentage de sédiments fins est corrélé au contenu naturel en eau. Afin d'examiner les résultats des tests des sols en tant que sols de pays tropical, ils ont été examinés en comparaison avec les données de la Malaisie. Les résultats montrent la même corrélativité et le contenu naturel en eau est considéré comme correspondant à la gradation des échantillons. Il est supposé que le contenu naturel en eau dépend de la physicalité des sols. En se basant sur les caractéristiques générales de compaction des sols argileux, et sur le fait que le contenu d'humidité optimal est de 3 à 5% inférieur à l'indice de plasticité, le contenu d'humidité optimal a été estimé à partir du contenu en eau de la limite de plasticité. Par conséquent, le contenu naturel en eau varie en allant du contenu en humidité optimal à 15% de moins que le contenu en humidité optimal.			
	Le contenu naturel en eau va de 5 à 12%. Il est estimé que le contenu en eau est de quelques % inférieur au contenu en eau optimal.	Le contenu naturel en eau va de 7 à 12%. Il est estimé que le contenu en eau est d'environ 10% inférieur au contenu en eau optimal.	Le contenu naturel en eau va de 11 à 17%. Il est estimé que le contenu en eau est de 2,3% à 15% inférieur au contenu en eau optimal.	Le contenu naturel en eau va de 7 à 12%. Il est estimé que le contenu en eau est de 5,6% à 15% inférieur au contenu en eau optimal.
Gradation	En raison du climat tropical et d'une période de temps allant de dizaines de millions à une centaine de millions d'années, les sols à grain fin deviennent de l'argile au degré maximum et ils sont composés d'argile et de limon sans sable ni gravier. Les échantillons en provenance de trois sites excepté celui de Gashora présentent ces caractéristiques de façon évidente et leur pourcentage d'argile ou de limon va de 70 à 90%. La perméabilité des sols est dominée par le contenu en argile et en limon. Le niveau approximatif d'imperméabilité des sols compactés correspond à une part de sédiments fins de 15%. D'après ce niveau approximatif, tous les matériaux testés sont imperméables. Les particules d'argiles sont représentées comme effritées, alors que les particules de limon sont représentées comme de la poudre. A cause de cela, l'absorption de l'eau par l'argile est restreinte par l'électricité, alors que l'absorption de l'eau qui n'est pas limitée par l'électricité est plus instable. Par conséquent, pour les sols dont les caractéristiques en limon sont dominantes, la résistance au cisaillement et la capacité d'exploitation sont grandement affectées par le contenu en eau. Un des échantillons montre une rapide augmentation sur l'échelle du limon sur la courbe de gradation et cela nécessite d'être pris en charge.			
	Le contenu en argile et en limon va de 40 à 60%. C'est le plus faible des quatre sites. La courbe de gradation est régulière et les sols contiennent du fin gravier de quelques mm de diamètre. Il est supposé qu'ils excellent en solidité en terme de gradation.	Le contenu en argile et en limon va de 70 à 80%. Le contenu en argile varie de 7 à 30%. Les matériaux en provenance de Gatsibo A contiennent moins d'argile et montrent une rapide augmentation sur l'échelle du limon sur la courbe de gradation et cela nécessite d'être pris en charge.	Le contenu en argile et en limon va de 80 à 90%. Le contenu en argile varie de 20 à 30%. En terme de gradation, les sols montrent de l'homogénéité. Cependant, comme la courbe de gradation est en forme de S et que le contenu des particules plus grosses que le sable est faible, la résistance au cisaillement est dominée par le degré de compaction des sédiments fins.	Le contenu en argile et en limon va de 45 à 90%. Le contenu en argile varie de 17 à 30%. L'échantillon en provenance de Rurenge B montre une belle gradation. Ceci est présumé car le puits de test a atteint les roches de fondation.
Consistance	Aux vues des résultats d'ensemble du test, une faible plasticité et une classification en CL dominant. Une faible plasticité signifie une forte élasticité et il est supposé qu'elle est comparativement excellente pour la résistance au cisaillement.			
	Les matériaux sont constitués d'argile sableuse avec un faible indice de plasticité allant de 11 à 17. Il est considéré que la faible plasticité est le résultat de l'influence du contenu en sable et en limon. Classification CL (sur l'échelle de moins de 0,42mm)	Les matériaux sont constitués d'argile limoneuse de plasticité moyenne avec un indice de plasticité allant de 21 à 24. Le contenu en argile n'influence pas l'indice de plasticité. Classification CL (sur l'échelle de moins de 0,42mm)	L'indice de plasticité va de 14 à 29. Les matériaux sont constitués d'argile limoneuse et sont constitués de matériaux avec un fort indice de plasticité d'environ 30. Classification CH, partiellement CL (sur l'échelle de moins de 0,42mm)	L'indice de plasticité va de 21 à 31. Les matériaux sont constitués d'argile limoneuse et sont constitués de matériaux avec un fort indice de plasticité de 30 et un indice de plasticité moyen de 20. Classification CH et CL (sur l'échelle de moins de 0,42mm)